


Petteri Kiviluoma


PIEKSÄJÄRVEN
VESIENSUOJELUHANKE
Tulokset Surnuinjoen valuma-alueelta

Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma

Lokakuu 2009



 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 21.10.2009
Tekijä Petteri Kiviluoma		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous
Nimeke Pieksäjärven vesiensuojeluhanke Tulokset Surnuinjoen valuma-alueelta		
Tiivistelmä <p>Pieksäjärven vesiensuojeluhanke aloitettiin 2004. Hankkeen tavoitteena oli vähentää nykyistä ja tulevaa metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta suunnittelualueen vesistöihin yhteistyössä kaupungin, ympäristökeskuksen, metsänomistajien sekä metsätalouden toimijoiden kanssa kartoittamalla vesiensuojelun nykytila sekä kuormituslähteet ja suunnittelemalla niille korjaavat toimenpiteet. Hankkeen tavoitteena oli myös vesiensuojelun suunnittelussa käytettävien työmenetelmien ja työkalujen kehittäminen. Erityisesti huomioita kiinnitettiin paikkatietoaineistojen sekä suunnittelussa käytettävien ohjelmien hyödyntämiseen vesiensuojelun suunnittelussa.</p> <p>Pieksäjärven pohjoispuolella sijaitsee Surnuinjoen valuma-alue. Alueella tehtiin vesiensuojelun tilan kartoitus vuonna 2006. Maastotöissä käytettiin Etelä-Savon Metsäkeskuksen laatimaa inventointiohjetta ja –lomaketta. Tässä työssä esitetään tuloksia vesiensuojelun tilasta Surnuinjoen valuma-alueella sekä arvioidaan vesiensuojelun mallinnuksen toimintaa.</p> <p>Vesiensuojelun tila Surnuinjoen valuma-alueella arvioitiin tyydyttäväksi. Valumalohkojen tila oli 31 % tapauksista hyvä, 44 % tyydyttävä ja 25 % huono. Laskuajat olivat vesiensuojelullisesti tyydyttävässä kunnossa, mutta laskuajissa saisi olla enemmän kasvillisuutta ennen purkupistettä.</p> <p>Metsäkeskuksen toimittaman vesiensuojelun mallinnusaineiston oikellisuutta arvioitiin inventoinnissa kerättyjen tietojen pohjalta. Mallinnuksen osoittama suuri vesiensuojelun riski valtaojassa oli yhteneväinen maastossa havaittuun heikkoon purkupisteen tilaan. Valtaojissa ei kuitenkaan eroosiota tapahtunut mallinnuksen osoittamissa kohdissa, koska ojat olivat koko valuma-alueella suureksi osaksi vakiintuneita.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Pieksäjärven vesiensuojeluhanke, vesiensuojelu, rehevöityminen, MapInfo		
Sivumäärä 32 s. + Liitteet 16 s.	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn200930783
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Heikki Lehmonen		Opinnäytetyön toimeksiantaja Metsäkeskus Etelä-Savo Antti Leinonen

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis October 21.2009
Author Petteri Kiviluoma	Degree programme and option Degree Programme in Forestry Forestry	
Name of the bachelor's thesis Lake Pieksäjärvi water protection project Results from Surnuinjoki catchment		
Abstract <p>Lake Pieksäjärvi water conservation project was started in 2004. The goal of the project was to reduce stress to project area water basin caused by forestry in cooperation with the city, Environment Center, forest owners and other agents. The goal was to survey the condition of water protection, the source of loads and to design preventative measures. Also tools and methods used in planning water protection would be improved. Especially the role of geographical information systems in planning water protection was looked at.</p> <p>To the north of Lake Pieksäjärvi lies Surnuinjoki catchment in which a survey of the condition of water protection was made in the summer of 2006. The survey was conducted using instructions and form provided by Forest Centre. In this thesis results of the survey are presented. Also GIS based modeling of water protection risks is evaluated.</p> <p>The overall condition of water protection in the Surnuinjoki catchment is found fair. Material about modeling of water protection risks was provided by Forest Center. The validity of modeling data was evaluated by comparing it to the data provided by the survey.</p>		
Subject headings, (keywords) Pieksäjärvi, water protection, eutrophication, MapInfo		
Pages 32 p. + app. 16 p.	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn200930783
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Lehmonen	Bachelor's thesis assigned by Forest Centre South Savonia Antti Leinonen	

SISÄLTÖ

KUVAILULEHDET

1	JOHDANTO	1
2	METSÄTALouden VESISTÖKUORMITUS JA VESIENSUOJELU.....	2
2.1	Tausta.....	2
2.2	Vesistöjen rehevöityminen	4
2.3	Kiintoaine	6
2.4	Rauta, alumiini ja happamuus.....	7
2.5	Ojituksen aiheuttama kuormitus	8
2.6	Päätehakkuun ja maanmuokkauksen aiheuttama kuormitus	11
2.7	Lannoituksen aiheuttama kuormitus	13
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	14
3.1	Tutkimus	14
3.2	Inventointi	14
3.3	Vesiensuojelun mallinnus	16
3.4	Virhelähteet maastomittauksissa	18
3.5	Aineisto MapInfo -paikkatieto-ohjelmassa.....	18
4	MAASTOINVENTOINNIN TULOKSET.....	19
4.1	Vesiensuojelun tila Surnuinoen valuma-alueella.....	19
4.2	Laskuojat.....	20
4.3	Purkupisteet	21
5	MAASTOTÖIDEN KEHITTÄMINEN	23
6	MAASTOHAVAINTOJEN VERTAUS MALLINNUKSEN TUOTTAMAAN AINEISTOON	24
6.1	Ojien erodoitumisen laskentataulukko	24

6.2	Mallinnusaineisto.....	26
7	POHDINTA	28
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	33

1 JOHDANTO

Metsätalouden toimenpiteiden on todettu aiheuttavan ravinne- ja kiintoainekuormitusta vesistöihin. Ympäristökeskus on arvioinut metsätalouden aiheuttavan 8 % ihmisen aiheuttamasta kokonaisfosforikuormituksesta ja 5 % typpekuormituksesta. Valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaan metsätalouden fosfori- ja typpekuormitusta tulee vähentää 50 % vuoden 1993 tasosta. Näihin tavoitteisiin ei ole täysin päästy vuoteen 2005 mennessä. (Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005 1998, 26; Leivonen 2005, 16.)

Erityisesti monien muutoin puhtaiden latvavesien tila on heikentynyt metsätalouden kuormituksen vaikutuksesta. Metsätalouden toimenpiteistä on aiheutunut haitallisia ympäristömuutoksia varsinkin puroissa ja pienvesissä. Tutkimukset osoittavat hakkuiden, maanmuokkauksen, ojituksen sekä lannoituksen lisäävän ravinteiden huuhtoutumista. (Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015, 2008, 7; Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-3.)

Metsätalouden kuormitusta voidaan vähentää erilaisilla vesiensuojelumenetelmillä, kuten kaivu- ja perkauskatkoilla, laskeutusaltailla ja pintavalutuskentillä. Metsänuudistamisessa tärkeää vesiensuojelun kannalta on suojavyöhykkeiden riittävyys ja kevyempi maanmuokkaus.

Suurin osa metsätalouden kuormituksesta kulkeutuu vesistöihin ojien kautta, joten oikeiden vesiensuojelutoimenpiteiden valinta ja niiden sijoittaminen ojitettaessa on erityisen tärkeää. Vesiensuojelutoimenpiteitä arvioitaessa on käytössä hyvin rajallinen määrä tietoa ja suuri painoarvo on suunnittelijan kokemuksella. Metsäkeskuksen ja yhteistyökumppaneiden kehittämällä vesiensuojelun mallinnuksella pyritään tuottamaan vesiensuojelua parantavaa tietoa käyttämällä olemassa olevaa paikkatietoaineistoa. Esimerkiksi tieto eroosioriskeistä ja virtaamista helpottaa riskikohtien havaitsemista, jolloin vesiensuojelutoimenpiteet pystytään kohdentamaan paremmin.

Pieksäjärven vesiensuojeluhanke aloitettiin vuonna 2004. Hankkeen tavoitteena oli nykyisen ja tulevan metsätalouden kuormituksen vähentäminen suunnittelualueen ve-

sistöihin kartoittamalla vesiensuojelun nykytila sekä kuormituslähteet ja suunnittelemalla niille korjaavat toimenpiteet. Hankkeessa yhteistyössä olivat kaupungin, ympäristökeskuksen, metsänomistajien sekä metsätalouden toimijat. Tavoitteena oli myös sitouttaa metsätalouden toimijat vesiensuojelua edistävän tiedon hyödyntämis- ja työtapojen kehittämisprosessiin, jotta tulevien ojitusten ja maanmuokkausten vesiensuojelun taso paranee. (Leinonen 2008, 2.)

Tämä opinnäytetyö on Etelä-Savon Metsäkeskusken toimeksianto ja osa Pieksäjärven kunnostushanketta. Aluksi selvitetään metsätalouden toimenpiteiden aiheuttama vesistökuormitus ja vesiensuojelutoimenpiteet kuormituksen vähentämiseksi. Työssä esitellään tuloksia Surnuin valuma-alueella tehdystä vesiensuojelun tilan kartoituksesta ja arvioidaan vesiensuojelun mallinnuksen toimivuutta. Lisäksi esitettiin kehittämiskohteita maastotöissä ja ohjeissa.

2 METSÄTALouden VESISTÖKUORMITUS JA VESIENSUOJELU

2.1 Tausta

Metsätalouden vesistökuormituksesta kiinnostuttiin 1960-luvun lopulla, jolloin tehtiin useita ojituksen ja lannoituksen huuhtoumatutkimuksia. Kuitenkin vasta 1990-luvulla metsätalouden vesistökuormitus on otettu vesiensuojelupoliittiseen tavoitteenaseteluun yhtenä hajakuormituksen osana. Ympäristönsuojeluohjelmien lisäksi metsätalouden ympäristövaikutuksia on selvitetty myös metsätalouden omissa kehittämisohjelmissa, kuten Metsä 2000 ohjelmassa ja Kansallisesessa metsäohjelma 2010:ssä. Metsätalouden kuormituksen osuus on suurta Pohjois-Suomen laajoilla vesistöalueilla ja vähäistä Etelä-Suomessa. Tyypillisesti latvavesistöjen pienvedet ovat suurelta osin vain metsätalouden kuormittamia. Tässä tapauksessa ongelmana ei ole ravinnekuormitus, vaan veden suuri kiintoainepitoisuus ja eroosio, sekä uomien, virtaamien ja vedenkorkeuksien muuttaminen. (Finer ym. 2002, 9.)

Vesiensuojelua ohjaa EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi, jonka pohjalta annetussa vesienhoidon järjestämistä koskevassa laissa (1299/2004) asetetaan yleiset tavoitteet vesien tilalle. Tavoitteiden pohjalta Suomen Ympäristökeskus laatii vesiensuojelun

suuntaviivat. Nykyiset suuntaviivat julkaistiin vuoden 2007 lopulla. Tavoitteena on vuoteen 2015 mennessä taata vesistöjen hyvä tila ja estää vesistöjen tilan heikkeneminen. (Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 2008, 8.)

Vesiensuojelun suuntaviivoissa pidetään edelleen fosfori- ja typpikuormituksen vähentämistä vesiensuojelun keskeisimpänä tavoitteena. Vesistöjen tilan heikkenemisen estäminen ja hyvän tilan saavuttaminen vaativat ravinnekuormituksen vähentämistä kaikilla sektoreilla. (Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 2008, 10.)

Metsätalouden keskeisimmät haitalliset vesistövaikutukset syntyvät kasviravinteiden aiheuttamasta rehevöitymisestä, orgaanisen kuormituksen aiheuttamasta hapenkulutuksesta, alumiinin, raudan ja happamuuden luonnolle aiheuttamista haitoista sekä kiintoaineen aiheuttamasta pohjien liettymisestä. (Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-1.)

Vesiensuojelussa tarkastellaan päästöjä vesialuekohtaisesti ja tarvittaessa mennään hyvin pieniin osa-alueisiin, jotta vesistöjen tilaa pystytään arvioimaan. Metsätalouden toimenpiteistä syntyy kasviravinteista hajakuormitusta vesistöihin. Vesi- ja ympäristöhallinnon ylläpitämiltä hajakuormituksen tutkimusalueilta on saatu tietoa metsätalouden ravinnehuuhtoutumista. Tulokset ovat osoittaneet, että luonnonhuuhtouman ja metsätalouden toimenpiteiden aiheuttaman kuormituksen erottelu on ollut vaikeaa. Vain metsätalouskäytössä olevia pieniä valuma-alueita on tutkittu intensiivisesti 1970-luvulta lähtien. Tutkimuksista on saatu tietoa typen ja fosforin huuhtoutumisesta lannoituksen ja ojituksen yhteydessä sekä 1980-luvulta lähtien myös hakkuiden yhteydessä. (Kenttämies 2006, 9.)

Metsätalouden monien erilaisten toimenpiteiden kertaluonne, vaihtelevat maaperä-, maasto- ja metsätyypit vaikeuttavat kokonaiskuormituksen arviointia. Pitkäkestoisten vaikutusten johdosta tulisi metsätalouden toimenpiteet tuntea vuosikymmenten ajalta. Tietoa on kuitenkin vaikeasti saatavilla, koska tilastot kerätään hallinnollisiin aluejakoihin perusten ilman tarkkoja paikannustietoja. Kaikkia toimenpiteitä ei myöskään tilastoida. (Kenttämies 2006, 9.)

Vuosien varrella metsätalouden kuormitus on muuttunut. Toimenpiteistä suurin fosforikuormittaja on vuonna 1977 ollut uudisojitus 39 % osuudella ja toiseksi suurin kuormittaja turvemaiden lannoitus 29 % osuudella. Vuoteen 1993 mennessä suurimmaksi fosforikuormittajaksi nousivat raskaasti muokatut hakkuut, eli auraus ja mätästys, 48 % osuudella kunnostusojituksen osuuden ollessa 19 %. Vuoteen 2010 mennessä kunnostusojituksen ennustetaan olevan suurin kuormittaja 45 % osuudella ja toiseksi suurin raskaasti muokatut hakkuut 40 % osuudella. (Kenttämies 2006, 18.)

Uudisojitus on vuonna 1977 aiheuttanut typen kuormituksesta 60 %, kun samaan aikaan raskaasti muokatut hakkuut tuottivat 18 % typpikuormituksesta. Vuonna 1993 uudis- ja kunnostusojitus aiheutti 49 % ja raskaasti muokatut avohakkuut 37 %. Ennustus vuodelle 2010 povaa kunnostusojituksesta suurinta kuormittajaa 54 % osuudella. (Kenttämies 2006, 18.)

2.2 Vesistöjen rehevöityminen

Rehevöitymisellä tarkoitetaan perustuotannon lisääntymistä vesistössä, jolloin kasviplankton ja vesikasvit runsastuvat. Luonnollinen rehevyys ei ole ongelmallista. Kuitenkin erityisesti Suomessa vesien rehevöitymistä pidetään ongelmana. Meillä on erityisen paljon pieniä ja matalia rehevöitymiselle alttiita järviä. Noin viidesosa Suomen pintavesistä on rehevöityneitä (Laihonen ym. 2004, 99). Vesien rehevöityessä ongelmia voivat aiheuttaa tiivis rantakasvillisuus, ns. roskakalat tai sinilevä. Joissain tapauksissa rehevöityminen voi johtaa happikatoon. (Takala & Välimäki 2003, 46–47.) Rehevöitymisen haittoja voivat olla myös veden käytön vaikeutuminen juoma- ja talousvetenä, virkistyskäytön vaikeutuminen sekä kalataloudelliset haitat (Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-1).

Karujen vesistöjen rehevöityessä lajimäärä voi väliaikaisesti kasvaa, vesistön tuotanto kasvaa ja elinympäristöt monipuolistuvat vesikasvillisuuden lisääntyessä. Vaikka järven lajirunsaus voi kasvaa, menetetään harvinaistuneille karuille järvityypeille ominaista lajistoa. (Holopainen ym. 2004, 119.)

Yleensä rehevöityminen johtuu vesistöön tulevasta lisääntyneestä ravinnemäärästä. Ekosysteemejä voi rehevöittää myös lisääntynyt lämpö ja valo. Suomen luonnossa

perustuotantoa rajoittaa yleensä typen ja fosforin määrä. Fosforia on sisävesissä yleensä 10–30 kertaa vähemmän kuin typpeä, joten useimmat järvet ovatkin herkkiä fosforikuormitukselle. Runsaassa neljänneksessä järvistämme sen sijaan typpi on määrittäjä, kuten savikkoalueiden järvissä, joihin kulkeutuu paljon fosforia maahiukkasten mukana. Muun muassa happamuudesta ja hapenpuutteesta johtuen ravinteet ovat usein käyttökelvottomassa muodossa. Kasvua voivat myös rajoittaa valon tai tilan puute, kylmyys tai kasvinsyöjät. (Takala & Välimäki 2003, 46–48.)

Kun kivennäismaa rapautuu, vapautuu maanesteeseen vesiliukoisia mineraalisuoloja. Eloperäisen aineen hajotessa vapautuu eliöille tärkeitä, liukoisia ravintesuoloja. Vapautuneista ravintesuoloista suuri osa sitoutuu nopeasti maaekosysteemien biomassaan, mutta osa ravinteista kulkeutuu veden mukana pinta- ja pohjavesiin ja mereen asti. (Kenttämies & Saukkonen 1996, III-9.)

Kasvit saavat tarvitsemansa fosforin maaperästä. Fosfori on alun perin rapautunut kallioperästä, josta se on siirtynyt irtaimen maaperän joukkoon. Typpeä on ilmassa 78 %, mutta kasveille käyttökelpoisessa nitraatti- ja ammonium-muodossa typpeä on niukasti. Esimerkiksi bakteerit, sinilevät, sekä hernekasvit sitovat ilman molekulääristä typpeä kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Sammaleen sisään piiloutuneet sinilevät vastaanavat valtaosasta luontaisesta typensidonnasta pohjoisissa havumetsissä. (Takala & Välimäki 2003, 49.)

Fosfaattifosfori (PO_4^{3-}) on kokonaisfosforin liennut osa ja on sellaisenaan levästölle käyttökelpoinen. Epäorgaanisen fosfaattifosforin pitoisuudet vesistöissä ovat yleensä hyvin alhaisia koska kasvaessaan levät käyttävät vapaan fosfaatin nopeasti. Talvella levien toiminnan ollessa vähäistä, fosfaattia löytyy vedestä enemmän. Fosfaattifosforin liukeneminen pelloilta on vähäistä koska se pidättyy tehokkaasti maahiukkasiin. (Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus 2001a.)

Nitraattityppi (NO_3^-) on typen epäorgaaninen yhdiste ja vesistöille keskeinen ravinne. Pitoisuudet voivat kohota jätevesipäästöjen tai lannoitteiden huuhtoutumisen seurauksena. Suuri levätuotanto saattaa kuluttaa nitraatin loppuun. Mikäli ammoniumtyppeä ei ole saatavilla, levästön rakenne muuttuu typpeä sitovien sinilevien suuntaan. Nit-

raattia muodostuu hapellisissa oloissa ammoniumtypestä hapettumalla ja hapettomissa oloissa käy päinvastoin. (Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus 2001b.)

Ravinteet ja muut aineet kulkeutuvat vesiekosysteemiin maaperästä ja ilmakehästä. Veden ominaisuuksiin vaikuttaa eniten vesistön valuma-alue ja miten ihminen muokkaa sitä. Ilmakehän kautta tuleva kuormitus voi olla peräisin kaukaakin. Vesiekosysteemiin tuleva energia on peräisin yhteyttävistä vesikasveista ja valuma-alueelta tulevasta orgaanisesta aineesta. (Takala & Välimäki 2003, 47.)

Suurin osa ravinteista päätyy vesistöihin hajakuormituksena eli maa- ja metsätaloudesta sekä viemäriverkon ulkopuolisesta asutuksesta. Pistemäistä kuormitusta teollisuudesta ja yhdyskunnista on pystytty vähentämään merkittävästi, mutta paikallisia haittoja koituu vieläkin. Suuri osa tyyppistä huuhtoutuu veteen liuenneina nitraatteina, joten huuhtoutuminen on paljolti riippuvainen sateista. Toisaalta myös suuri osa typpikuormituksesta tulee laskeumana ilmasta. Laskeuma jakantuu tasaisemmin ja sen vaikutukset korostuvat pienen kokonaiskuormituksen alueilla. Fosforista kolme neljäsosaa kulkeutuu pelloilta vesistöihin maa-ainekseen sitoutuneena. (Takala & Välimäki 2003, 52, 55.)

2.3 Kiintoaine

Kiintoaine on hiukasmaista orgaanista tai epäorgaanista materiaalia. Orgaaninen, eli eloperäinen kiintoaines kuluttaa hajotessaan veden happea. Kiintoainepitoisuus heikentää valaistusolosuhteita ja vaikuttaa näin pohjalevästön rakenteeseen ja kasvuun. (Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus 2001c.) Orgaanisen aineen hajotessa hapettomissa olosuhteissa muodostuu levien kasvua hidastavia sulfideja ja ammoniakkia (Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus 2001d).

Veden mukana kiintoaine voi kulkeutua jokia pitkin aina mereen saakka, mutta yleensä se laskeutuu lähes täysin ensimmäiseen järveen. Kiintoaineeseen on sitoutunut kasviravinteita ja osa niistä on käyttökelpoisia vesistöjen tuotannossa. (Kenttämies & Saukkonen 1996, III-9.) Tutkimuksissa ojituksessa vapautuvilla kokonaisfosforipitoisuuksilla ja hienoilla kivennäismailla ojissa on havaittu yhteys (Joensuu 2002, 37). Veden sameus ja harmahtava tai rusehtava väri kertoo fosforia mukanaan tuovista

kiintoainehiukkasista. Veteen liuennut humus näkyy järvissä punaruskeana. (Takala & Välimäki 2003, 55.)

Kivennäismaan eroosiolla voi olla hyvin haitalliset vaikutukset vesiluontoon vaikka kemiallinen kuormitus olisi vähäistä. Purojen pohjalle kulkeutuva kiintoaine tuhoaa sammalkasvustoa, mikä haittaa pohjaeläinten liikkumista, ruokailua ja hapen saantia. Kiintoaine aiheuttaa kivikkopohjien hiekoittumista, mikä heikentää taimenten ja rapujen kantoja. (Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-10–11.) Lisäksi kiintoaine aiheuttaa vesistöjen pohjien liettymistä (Harjula 2004, 178).

2.4 Rauta, alumiini ja happamuus

Suomessa maaperä sisältää runsaasti rautaa ja mangaania. Rauta näkyy kangasmaiden podsolimaannoksessa pintamaasta rikastumiskerrokseen uuttuneena ruosteenruskeana saostumana. Runsaasti raskasmetalleja huuhtoutuu muinaisen Litorina-meren pohjalta, eli rannikolla 80 metrin korkeuskäyrän alapuolelta. Muinaisen meren pohjalietteeseen kertyi sulfideja, rikin yhdisteitä, jotka pohjaveden laskun jälkeen hapettuvat ja muodostavat rikkihappoa. Happamissa oloissa metalliyhdisteet liukenevat maaperästä veteen. Pohjaveden pinta siis säätelee hapettumista ja pinnan laskiessa lisää sulfideja tulee hapettumisen ja huuhtoutumisen piiriin. Tällaisen maaperän kuivattaminen vapauttaa paljon rikkihappoa, jonka seurauksena valumaveden happamuus ja metallipitoisuus kasvaa. (Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-12–13.)

Happamoittavia yhdisteitä kulkeutuu maanpinnalle happaman laskeuman seurauksena. Fossiilisten polttoaineiden käyttö lisää laskeuman happamuutta. Happamuus itsessään ei aina ole vesieliöille haitallista, mutta happamoitumisen aiheuttama metalli- ja raskasmetalli-ionien huuhtoutuminen on. Rauta ja alumiini kerääntyvät kalojen kiduksiin häiriten niiden toimintaa (Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-13). Herkimpiä happamoitumiselle ovat karut vesistöt joiden puskurikyky on heikko. (Suomen Ympäristökeskus 2009.)

Happamuuden aiheuttamat haitat voivat neutraloitua esimerkiksi vähemmän happamien lisävesien vaikutuksesta. Liuenneet metallit ovat pysyviä ja saostuessaankin kuormittavat vesistön pohjaa. Ongelmallisia ovat erityisesti suuret rauta- ja alumiinipitoi-

suudet. Metsätalouden hakkuut, ojitukset ja maanmuokkaus ovat lisänneet raudan huuhtoutumista. Pitoisuudet ovat kasvaneet vilkkaimmin 1960–70 luvuilla. (Kenttämies & Saukkonen 1996, IV-12–13.)

2.5 Ojituksen aiheuttama kuormitus

Metsäojituksella muutetaan alueen hydrologiaa lähinnä alentamalla pohjaveden pintaa. Ojien kaivu yksinään maanpintaa paljastamalla vaikuttaa hiukasmaisten aineiden huuhtoutumiseen. Kiintoaineen kulkeutuminen alapuoliseen vesistöön on ojituksen yleisin vesistöhaitta. Ohutturpeisilla mailla ojitus lisää fosfori- ja typpihuuhtoumia. Kasvanut vuosivalunta lisää liuenneiden aineiden huuhtoutumista. Kun pohjavesipinta laskee, valuntaa esiintyy enemmän syvemmillä kivennäismaassa. Kuivatustilanteen parantuessa puiden kasvu lisääntyy ja kemialliset sekä mikrobiologiset olosuhteet muuttuvat. Kunnostusojituksen vaikutukset ravinne- ja kiintoainekuormitukseen on samaa suuruusluokkaa kuin uudisojituksessa. (Alatalo 2000, 8.)

Vauhkosen ym. mukaan (1999, 7) kunnostusojituksella pyritään turvaamaan tehtyjen ojitusinvestointien tuotto sekä ylläpitämään puuston kasvua ja terveyttä. Nykyään uudisojitusta ei enää tehdä, koska sertifiointikriteerit kieltävät sen, eikä siihen saa valtion tukea. Kunnostusojituksen yhteydessä tehdään kuitenkin usein täydennysojitusta. Kunnostusojitusta tehdään nykyään noin 70 000 ha vuodessa (SU2 Soiden kunnostusojitus 2008). Suurin osa metsätalouden kuormituksesta aiheutuu veden vesistöihin kuljettamana ojien kautta. Vesiensuojelu kunnostusojituksen yhteydessä onkin erityisen tärkeää pyrittäessä vähentämään kuormitusta. (Vauhkonen ym. 2003, 7.)

Kunnostusojituksessa kuormitusmuutokset ovat hyvin samantyyppisiä kuin uudisojituksessakin. Muutokset veden puskurikyvyn, kiintoaineen, fosforin, typen ja pH:n osalta ovat vastaavien uudistusojituksien tasoa. Tutkimuksissa kiintoainesmäärät ovat kasvaneet kunnostusojituksen myötä kolmin-nelinkertaisiksi. (Manninen 1999, 58.)

Yleisin metsäojituksesta koitua haitta vesistöille on ojien syöpyemisestä johtuva kiintoaineen kulkeutuminen alapuolisiin vesistöihin. Kiintoainesta irtoaa sekä turpeesta että kivennäismaasta. Irtoavan kiintoaineen määrä riippuu maa-ainesten laadusta, maatunut turve, lieju sekä hieno hiekka liettyvät herkimmin. Maaperätekiöillä on kai-

vun jälkeen suuri vaikutus ojista irtoavan kiintoaineen määrään. Riippuen maan laadusta, sateet, routa ja lumen sulamisvedet irroittavat ojaluiskista kiintoaineita veteen. Virtauksen heiketessä kiintoaines pysähtyy ojan pohjalle ja lähtee taas liikkeelle tulvajaksoissa. Voimakas virtaus aiheuttaa usein ojassa syöpmistä, joka aiheuttaa ojan syventymistä, mataloitumista ja luiskien sortumista. Eniten huuhtoutumista tapahtuu runsasvetisimpinä aikoina, jolloin kiintoainetta voi olla jopa useita grammoja litrassa. Ojan pohjalla kulkee lisäksi karkeampaa ainetta virtauksen mukana, mutta tämän aineksen mittaaminen on vaikeaa. Karkea aines aiheuttaa ojien tukkeutumista ja muodostaa lietesärkkiä ojansuihin vesistöissä. (Kenttämies & Saukkonen 1996, III-18–20.)

Kunnostusojituksessa muutokset alueen hydrologiaan eivät ole niin suuria kuin uudisojituksessa. Ainakin teoriassa vesimäärien pitäisi jäädä uudisojitusta pienemmiksi. Usein kunnostusojitettavalla alueella turpeen pinta on painunut ja ojat syvennetään kivennäismaahan asti. Valtaosalla soista pohjamaana on moreeni, mikä lisää huuhtoutumista. (Kenttämies & Saukkonen 1996, III–20.)

Eroosioherkkien maiden ojituksissa on mitattu yli kahden tonnin vuosihuuhtoutumia ojitushehtaaria kohden. Pelkkään turpeeseen kaivettujen ojien kiintoainekuorma on ollut joitakin kymmeniä tai enintään satoja kiloja hehtaarilta. (Kenttämies & Saukkonen 1996, III–20.)

Veden laadun muutokset ovat useimmissa ojanperkauksissa samansuuntaiset kuin ohutturpeisten soiden uudisojituksen yhteydessä havaitut, kuten pH:n ja liuenneen orgaanisen aineen huuhtoutuminen. (Ahti ym. 1995, 167.)

Erityisen voimakasta kiintoainehuuhtouma on paljon lajittuneita maalajeja sisältävillä ojitusalueilla. Kun maalaji on hiekkaa tai sitä karkeampaa, tapahtuu kiintoainehuuhtoumassa jyrkkä nousu heti kaivun jälkeen ja huippuvirtaaman aikoihin. Kun taas kunnostusojitusalueen maalaji on hienoa, kuten hiesua tai savea, ovat kiintoainepitoisuudet jatkuvasti korkeita monia vuosia kaivun jälkeen. Kunnostusojituksen vaikutus kiintoainepitoisuuksiin oli pienin, kun maalajina oli tiivis moreeni tai yksinomaan maatumaton turve. (Ahti ym. 1995, 145.)

Ojitusalueella tiettyjen ominasuuksien on todettu vaikuttavan kiintoainekuormitusta lisäävästi, kuten kunnostusojituspinta-ala, ojamäärä sekä perkausojamäärä. Esimerkiksi valtaojan kaltevuudella ja turpeen maatuneisuudella näyttäisi myös olevan kiintoainemääriä lisäävä vaikutus. (Ahti ym. 1995, 146.)

Metsäojitus lisää typen ja fosforin huuhtoutumista. Erityisesti ohutturpeisten soiden ja korpien typpi- ja fosforihuuhtoumat lisääntyvät. Kivennäismaa-aineessa on yleisesti noin promille fosforia, joten jo tonnin kiintoainehuuhtouma hehtaarilla vuodessa lisää kokonaisfosforihuuhtoumaa kaksikymmenkertaiseksi. Turpeessa fosforia on 0,2–1 promillea. Kuitenkin suoraan eliöille käyttökelpoista liuennutta fosforia huuhtoutuu lannoittamattomilta ojitusalueilta vain vähän. (Kenttämies & Saukkonen 1996, III–21.)

Monissa tutkimuksissa rauta- ja alumiinipitoisuuksien on havaittu nousevan heti ojituksen jälkeen. Eräässä tutkimuksessa raudan ja orgaanisen aineen pitoisuudet vähenivät. Tutkimuksen mukaan orgaanisen aineen pitoisuuksien laskiessa siihen sitoutuneen raudan pitoisuus laskee myös. Tutkimuksessa raudan ja alumiinin pitoisuudet kohosivat ensimmäisenä vuonna reilusti muutamalla tutkituista valuma-alueista, mikä nosti pitoisuuksien keskiarvoa selvästi korkeammalle kuin kontrolli-ryhmässä. Myöhemmin pitoisuudet käsitellyillä alueilla olivat matalammat kuin kontrolli-ryhmässä. (Joensuu 2002, 40.)

Kunnostusojitus aloitetaan vesiensuojelun ja vesienjohtamisen suunnittelusta. Suunnittelussa on tavoitteena parhaan käyttökelpoisen vesiensuojelutekniikan soveltaminen. Tavoitteena on pysäyttää 70–90% kiintoainekuormituksesta ennen vesistöä. Suunnittelussa selvitetään ja otetaan huomioon pohjavesialueet, metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt, pienvedet, lähteet ja muut kohteet. Kohteet merkitään kunnostusojitus suunnitelman karttaan. Kohteiden ympärille jätetään niin suuri suojakaista, että kohteiden ominaispiirteet säilyvät ojituksesta huolimatta. Lopullisesta vesiensuojelusuunnitelmasta selviää, miten varaudutaan mahdollisiin vesistöhaittoihin. Käytettävissä vesiensuojelutoimenpiteitä ovat: laskeutusaltaat, pintavalutus kentät, kaivukatkot, lietekuopat, suojakaistat sekä pohjapadot (Joensuu ym. 2004, 23–29). Suunnitelmasta selviää myös varautuminen muihin haittoihin ja siinä arvioidaan kunnostusojituksen vaikutusta välittömässä läheisyydessä oleville suojelualueille. (Joensuu ym. 2004, 21–22.)

Eroosioherkät kohdat on syytä selvittää vesiensuojelun takia. Peratut ojat leikkaavat turpeen painumisen myötä useammin kivennäismaata, jolloin syöpyminen voi lisääntyä. Turpeen ja pohjamaan ominaisuuksia selvitetään rassaamalla vanhojen ojien pohjia. Suurimpia eroosio- ja liettymisongelmat ovat suurien virtaamien veto-ojissa ja laskuojissa. Kuivatusteholtaan riittäviä syöpyneitä ojia ei tarvitse perata, myös kunnossa olevat ojat jätetään perkaamatta. Ojia ei kaiveta vesistöön asti. (Joensuu ym. 2004, 21, 22.)

Ojat tulisi kaivaa kesällä virtaamien ollessa vähäisiä ja syöpymisriskin ollessa pieni. Huuhtoutumisen vähentämiseksi kaivu kannattaa aloittaa ojitusalueen latvaajista. Laskuojat kaivetaan viimeiseksi, mutta paras ajankohta niille olisi kaivuuta seuraava vuosi. Laajat ojitukset valuma-alueella jaksotetaan useammalle vuodelle. (Joensuu ym. 2004, 22.)

2.6 Päätehakkuun ja maanmuokkauksen aiheuttama kuormitus

Erilaisia hakkuita on ajanjaksolla 1970–1996 tehty noin kahdella prosentilla metsämaasta. Tästä alasta 20–30 %:lla on tehty harvennushakkuita, 25–30 %:lla avohakkuita ja 10 %:lla siemen- ja suojuspuuhakkuita. (Alatalo 2000, 9)

Tutkimuksissa on havaittu hakkuusta aiheutuvan valunnan lisääntyvän 5–10 mm /10 m³ poistettua puustoa kohden valuma-aluehehtaarilla. Alarajan arvo vastaa kuivahkoa kivennäismaata ja yläraja suovaltaista valuma-aluetta. (Saukkonen & Kenttämies 1995, 76.) Etelä-Suomessa kasvupaikkatyypiltään rehevällä metsämaalla kuusen suojuspuuhakkuu aiheutti valuntaan sekä typen ja kiintoaineen huuhtoutumiseen yli 50 % keskimääräisen lisäyksen 3 ½ vuoden seurantajakson aikana. (Lepistö ym. 1995, 82–83.)

Hakkuu vaikuttaa kiintoainekuormitukseen hyvin vaihtelevasti paikallisista ominaisuuksista ja metsänkäsittelytavoista riippuen. Tutkimuksessa kiintoainekuormituksen kasvu selittyi lähinnä toimenpiteiden aiheuttamalla vesimäärien nousulla. Eräällä alueella kiintoainekuormitus nousi keskimäärin lähes kymmenkertaiseksi hakkuuvuonna ja kolmena seuraavana vuonna. (Haapanen ym. 2006, 56–57.)

Kivennäismaiden kuusikoiden uudistaminen vallitsevin käytäntein likimain kaksinkertaistaa ravinnehuutoutumat. Jos vesiensuojelussa epäonnistutaan, kasvavat ravinnehuutoutumat vielä huomattavasti. Kuormituksen voimakkuuteen ja laatuun vaikuttavat voimakkaasti maaperän laatu ja kaltevuus. Eroosioherkässä maaperässä uoma tai muokkausjälki saattaa syöpyä. Riski kasvaa, jos hakkuualue sijaitsee valuma-alueen alaosassa. Käytetyt suojavyöhykkeet eivät täysin estäneet kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumista. (Kenttämies & Mattsson 2006, 155.)

Metsän uudistaminen tulee ajankohtaiseksi yhä useammin vanhoilla ojitusalueilla. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen vaikutuksia valumavesien laatuun on tutkittu. Niemisen (1999, 113) mukaan vesiensuojelun kannalta haitallisimpia muutoksia lievenvät kiintoaineen huuhtoumalisäys ohutturpeisilta ojitusmätästyalueilta ja fosfaattifosforin huuhtoutumat alumiini- ja rautaköyhiltä ojitusalueilta.

Kaikki huuhtouman komponentit lisääntyvät uudistushakkuun seurauksena. Turve- maavaltaisella korpialueella huuhtoutumat ovat suurempia kuin kivennäismaalla. Hakkuun ja muokkauksen aiheuttama huuhtoutuman lisääntyminen kesti yli kymmenen vuotta. (Kenttämies & Saukkonen 1996, VII-3.)

Parhaiten hakkuun kiintoaines- ja ravinnehuutoumia voidaan vähentää pintavalutuksella. Leveä suojakaista voi pysäyttää kaiken huuhtouman. Sulan maan aikaan puunkorjuuta vältetään soilla ja hienoaineksisilla kivennäismailla. Purojen ja norojen ylityksiä koneilla vältetään. (Joensuu ym. 2004, 9.)

Voimakkaasti kivennäismaata paljastavat maanmuokkausmenetelmät lisäävät maaperän syöpymistä ja ravinteiden huuhtoutumista vesistöön. Hienoa hietaa ja hiesua sisältävät maat ovat eroosioherkkiä. Turpeen maatuessa eroosioherkkyys kasvaa. (Joensuu ym. 2004, 10.)

Huuhtoumiin vaikuttaa merkittävästi käsitellyn alueen osuus koko valuma-alueesta. Huuhtoutuvien ravinteiden ja kiintoaineksen määrät kasvavat muokattavan alueen kasvaessa, jolloin niiden hallinta vaikeutuu. Pintakasvillisuus sitoo tehokkaasti ravinteita ja estää kiintoaineksen liikkeelle lähtöä. (Joensuu ym. 2004, 11.)

Muokkausjälkiä vältetään tekemästä rinteiden suuntaisesti ja niihin tehdään katkoja. Muokkausta ei tehdä ojiin saakka. Navero-ojista vesi johdetaan ensisijaisesti pintavalutuksena ojiin tai vesistöön. Naveroihin tehdään tarpeen mukaan lietekuoppia ja vesi voidaan johtaa laskeutusaltaaseen. Kaivukatkoja suositellaan jätettäväksi 50 metrin välein. Pohjavesialueilla naverojen ei tule ylittää kivennäismaahan. Vesistön ja muokausalan väliin jätetään vähintään viisi metriä suojakaistaa, mutta kaltevilla ja hienojakoisilla mailla enemmän. (Joensuu ym. 2004, 13.)

2.7 Lannoituksen aiheuttama kuormitus

Turvemailla fosforilannoitus lisää fosforin huuhtoutumista vesistöön. Suometsien PK-lannoitus lisäsi ojitusalueilla fosforin huuhtoutumista noin 0,5–2,6 % verrattuna lisättyyn fosforimäärään. Vaikutus kesti 5–10 vuotta. Turvelaatujen fosfaatinpidätyskykyssä on suuria eroja. Karujen soiden rahkaturpeen pidätyskyky on huono. Turvemaiden typpilannoituksessa tyyppistä huuhtoutui 3–5 % ensimmäisenä vuonna. Ojitetulla alueella helppoliukoiset typpilannoitteet ovat levityksen jälkeen alttiita huuhtoutumaan rankkasateiden ja lumensulamistulvan mukana. (Kenttämies & Saukkonen 1996, VII-3–4.)

Kivennäismailla fosforilannoitus ei lisää valunnan fosforipitoisuutta merkittävästi. Kivennäismaan sisältämät rauta- ja alumiiniyhdisteet sitovat fosfaatin. Fosfaatti ei myöskään huuhtoudu pohjaveteen. Kivennäismaiden typpilannoituksessa ensimmäisenä vuonna voi huuhtoutua jopa 4–10 %, mutta huuhtoutuminen kestää vain pari vuotta. Toistuva typpilannoitus pohjavesialueella nostaa pohjaveden nitraattipitoisuutta jopa käyttökieltorajan tuntumaan. (Kenttämies & Saukkonen 1996, VII-4.)

Lannoituksen vesistöhaittoja pystytään vähentämään hyvällä suunnittelulla ja töiden toteutuksella sekä pintavalutukseen perustuvilla vesiensuojelumenetelmillä. Vesistöjen reunoille jätetään lannoittamaton kaista ja lannoitteet levitetään sulaan maahan. Vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla ei tehdä typpi- ja fosforilannoituksia. Ilmalevityksessä kovalla tuulella riski lannoitteiden joutumisesta ojiin on suuri. (Joensuu ym. 2004, 35–36.)

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Tutkimus

Tutkimus oli osa Pieksäjärven vesiensuojeluhanketta. Pääpaino oli Surnuinjoen valuma-alueen vesiensuojelun tilan kartoittamisella. Tämän lisäksi arvioitiin paikkatietoon pohjautuvan vesiensuojelun tietokonemallinnuksen toimintaa ja esitettiin parannusehdotuksia maastotyöohjeeseen. Maastotyöt tehtiin metsäkeskuksen laatiman maastotyöohjeen (liite 9) mukaan. Maastotöissä arvioitiin valuma-alueen vesiensuojelullista tilaa valumalohkoittain sekä mitattiin erilaisia muuttujia ojista. Näiden muuttujien avulla pystyttiin arvioimaan vesiensuojelun mallinnuksen toimivuutta. Merkittävimmät laskuojat ja niiden purkupisteet käytiin läpi. Ojapisteitä valuma-alueelta mitattiin 252 ja purkupisteitä arvioitiin 36 kappaletta. Maastotyöt tehtiin kesällä 2006.

Aineisto syötettiin MapInfo -paikkatieto-ohjelmaan, jossa aineistoa pystyttiin käsittelemään. Aineiston analysointiin käytettiin myös excel-tilukkolaskentaohjelmaa. Vesiensuojelun mallinnusta tutkittiin MapInfossa Metsäkeskuksen toimittamaa mallinnusaineistoa ja maastosta kerättyä aineistoa vertailemalla.

3.2 Inventointi

Maastotöissä meni aikaa kuukauden verran ja tietojen kirjaamisessa tietojärjestelmään kaksi viikkoa. Mittausajankohtana kesä 2006 oli kuivuutensa takia poikkeuksellinen, vettä ei suurimmistakaan laskuojista juuri löytynyt.

Surnuinjoen valuma-alue on Pieksäjärven pohjoisia valuma-alueita muodostaen pitkänomaisen noin 35 km² alueen luoteeseen Kirkko-Surnuin ja Pohjois-Surnuin järvien mukaisesti. Kirkko-Surnuin järvi on matala ja ruovikkoa on paljon. Pohjois-Surnui on sekin matala järvi, mutta ruovikkoa on paljon vähemmän ja rannoilla on monia kesäasuntoja. Surnuinjoen valuma-alueella ojasto on vanhaa, pääasiassa 1980-luvulla tai aiemmin kaivettua. Korkeuserot ovat 120–160 metriä merenpinnan yläpuolella. Maalaji on alueella pääasiassa hiekkamoreenia, hienoja ja lajittuneita maalajeja on vähän.

Turvemaita on valuma-alueesta noin 50 %, mikä jakaantuu likimain tasan ohutturpeisten ja paksuturpeisten soiden kesken.

Valuma-alue on jaettu yli 40 valumalohkoon, joista suurimmat ovat lähes 300 hehtaarin kokoisia, pienimmät 10 ha kokoisia. Laskuojat ovat usein epäsäännöllisiä ja matalia, joskus vesi on löytänyt vaihtoehtoisen reitin kaivetun sijaan. Metsätalouden toimenpiteitä on alueella ollut vähän, mutta tulevaisuudessa varsinkin harvennuksia tehdään varmasti enemmän. Myös kunnostusojitukset ovat ajankohtaisia osassa valuma-aluetta. Puusto on mäntyvaltaista ja sen keskitilavuus on 110 m³/ha.

Laskuojista arvioitiin silmämääräisesti uomien vesiensuojelullista tilaa. Tiedot kirjattiin inventointilomakkeelle (liite 7). Havaintopiste otettiin ojasta aina, kun ojan ominaisuudet muuttuivat selvästi edelliseen havaintopisteeseen verrattuna. Havaintopiste otettiin esimerkiksi kun tapahtui uoman dimensioiden selvä muutos, uomassa havaittiin eroosiota tai liestymistä, tai kun kasvillisuuden määrä muuttui selvästi. Ojasta mitattiin leveys, syvyys, sekä pohjan leveys. Veden virtausta hidastavaa ominaisuutta ojassa arvioitiin manningin kertoimella. Turpeen paksuus mitattiin ojan vierestä ja turpeen maatuneisuus arvioitiin ojasta Von Postin menetelmällä, mutta käytössä oli vain Von Postin turpeen maatuneisuuden määrittystaulukon arvot 2, 4 ja 6. Eroosiota ojassa määriteltiin asteikolla 1–5, jossa arvo 1 kuvaa vakiintunutta ojaa, arvot 2 ja 3 liestymistä sekä arvot 4 ja 5 eroosiota. Mittauskohdasta otettiin kuva ja sijainti määritettiin GPS-paikantimella.

Purkupisteissä arviointi oli silmämääräistä. Pisteiden tila arvioitiin kiintoainekuormituksen perusteella asteikolla 1–3, jossa arvolla 1 kuormitusta ei ole havaittavissa, arvolla 2 voidaan havaita ajoittaista kuormitusta, arvolla 3 kuormitus on jatkuvaa. Mahdollisten laskeutusaltaiden toimivuus arvioitiin asteikolla 1–3, hyvä, tyydyttävä, huono. Jos toimivuus oli huono tai tyydyttävä, yksilöitiin tähän syy kolmesta vaihtoehdosta; 1) toimenpide alimitoitettu, 2) sijoitus väärä, 3) maaperä liian kalteva.

Perkaamattoman laskuojan toimivuutta arvioitiin asteikolla 1–3, hyvä, tyydyttävä, huono. Huonon tai tyydyttävän laskuojan kohdalla syy yksilöitiin, joko 1) liian lyhyt oja tai 2) kasvillisuuden puute. Vesiensuojelun kokonaistoimivuutta arvioitaessa otettiin huomioon altaat ja perkaamattoman laskuojan toimivuus asteikolla 1–3. Lopuksi

arvioitiin onko purkupisteellä tarvetta vesiensuojelulle. Purkupisteeltä otettiin kuva ja sijainti GPS-paikantimella.

3.3 Vesiensuojelun mallinnus

Mallinnuksella pyritään tuottamaan vesiensuojelua helpottavaa tietoa hyödyntämällä jo olemassa olevaa paikkatietoa, kuten maalajikarttoja, peruskarttaa sekä esimerkiksi puustotietoja. Tuotetun tiedon avulla vesiensuojelutoimenpiteet pystytään sijoittamaan tehokkaammin riskien mukaan, mikä tarkoittaa parempaa suunnittelun laatua ja mahdollisesti suunnittelun nopeutumista.

Vesiensuojelun mallinnus toimii Spatial analyst -laajennoksen sisältävässä ArcEditor paikkatietosovelluksessa sekä RiverLifeGIS -paikkatietosovelluksessa. RiverLifeGIS on kehitetty alun perin EU-rahoitteisessa Life+ -hankkeessa YVA oy:n toimesta. Yritys on myös jatkokehittänyt ohjelmaa Metsähallituksen rahoituksella paremmin sopivaksi metsätaloustoimenpiteiden vesiensuojelun suunnitteluun. (Leinonen 2008, 14–15.)

Uomien erodoitumisen mallinnukseen oli käytössä kaksi eri välinettä. Erodoitumisella tarkoitetaan maaperän kulumista veden vaikutuksesta, jolloin pienen raekoon hiukaset kulkeutuvat veden mukana. Veden virtausnopeutta oli mahdollista laskea excel-taulukolla, johon syötetään kulloisenkin ojapisteen tiedot. Tällä laskentataulukolla pystytään laskemaan itse määritellyn ojan erodoitumista, jolloin voidaan ottaa huomioon esimerkiksi ojan iästä aiheutuvia muutoksia, kuten ojan dimensiot ja manningin kerroin. Taulukolla pystyy siis laskemaan vanhankin uoman erodoitumista ottamalla huomioon iän tuomat erilaiset muutokset ojissa.

Toinen tapa oli käyttää yksinomaan paikkatietoon perustuvaa mallinnusaineistoa, joka arvioi uomaeroosioriskiä vasta kaivetuille ojille kunnostusojituksen jälkeen. RLGis -paikkatieto-ohjelman avulla luodaan uusi taso, jossa jokiverkon jokaiselle 10m pätkälle on laskettu seuraavat muuttujat (Lauri 2008):

- Slope, jokipätkän kaltevuus prosentteina, 0,1 % tarkkuudella
- Flow, jokipätkän virtaama m^3/s , kun valuma on 10 l/s/km^2
- Area, jokipätkän yläpuolinen valuma-alue, ha, 0.01 ha tarkkuudella

- U, veden virtausnopeus uomassa annetulla valumalla
- Dir, jokipätkän virtaussuunta, 1=länteen, 2=itään, 4=etelään, 8=pohjoiseen
- Eri, uomaerosioriski, 0=ei riskiä, 1=kohtalainen riski, 2=suuri riski

Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 (2008, 10) asettaa yhdeksi tavoitteeksi, että eri metsätalouden toimenpiteissä on riittävät suoja- ja suodatusvyöhykkeet. Lisäksi vesiensuojelun riskialueiden tunnistamista kehitetään ja riskejä vähennetään. Ongelmaksi näissä tavoitteissa muodostuu miten määritellään riittävät suoja- ja suodatusvyöhykkeet tai miten vesiensuojelun riskialueiden tunnistamista kehitetään ja riskejä vähennetään. Näitä ongelmia ratkaisemaan on kehitetty vesiensuojelun mallinnus.

Vesiensuojelun mallinnuksen ensisijaisena tavoitteena on parantaa vesiensuojelun tasoa kunnostusojitusten ja maanmuokkausten yhteydessä. Mallinnuksella tuotetaan tietoa kiintoaineksen huuhtoutumiseen ja kulkeutumiseen vaikuttavista ominaisuuksista valuma-alueella, jolloin ojat voidaan luokitella esimerkiksi eroosioherkkyyden perusteella. Mallinnuksen avulla voidaan ennustaa pintavesien kulkureittejä ja vesimäärien jakaantumista, mikä on tärkeää veden toimiessa eroosiota synnyttävänä ja kiintoainesta kuljettavana voimana. Yksittäisen hakkuu- ja ojitustyömaan pintavesien liikkeitä arvioitaessa tulee virtausreitit ja määrät tuntea työmaata huomattavasti laajemmalla alueella. Eroosioriskiä voidaan ennustaa yhdistämällä tiedot pintavesien virtauksesta tietoihin maastonmuodoista ja maalajeista. (Leinonen 2008, 14.)

Käytössä oli myös Excel-taulukkolaskentaohjelmassa toimiva uomien erodoitumista laskeva malli. Taulukkoon syötetään eri muuttujia; yläpuolisen valuma-alueen koko, korkeus mpy, puuston määrä, maalaji, uoman dimensiot, manningin kerroin ja kaltevuus. Tästä johtuen taulukko soveltuu myös vanhojen ojien erodoitumisen laskentaan.

Taulukko laskee veden nopeuden uomassa ja vertaa tätä maalajille annettuun rajanopeuteen. Uoma syöpyy, jos veden nopeus ylittää maalajin rajanopeuden. Maalajin rajanopeus tarkoittaa suurinta nopeutta, jolla maalaji ei vielä lähde liikkeelle eikä eroosiota synny (liite 6).

3.4 Virhelähteet maastomittauksissa

Suurin osa kerätystä tiedosta oli silmämääräistä havainnointia ja arviointia metsäkeskuksen laatiman ohjeen perusteella. Vain ojan dimensiot ja turpeen paksuus mitattiin, muu kerätty aineisto perustuu arvioon. Arviointia tehdessä on tärkeää yrittää säilyttää linja alusta alkaen. Linjan tai arvioinnin perusteiden muuttuessa kesken tutkimuksen tulokset vääristyvät. Varsinkin ensi kertaa tällaista arviointia tehtäessä pitää linjaa pohtia, koska ohjeissa on tulkinnanvaraa ja jokainen kohde on yksilöllinen.

Tässä tapauksessa kohteen vaihtelevuus hankaloitti yhdenmukaista arviointia. Osa ojista oli vanhoja, mutkittelevia ja matalia, toiset uudempia ja säännöllisiä. Ojaston iän vuoksi suurin osa ojista oli vakiintuneita, mikä voi hankaloittaa eroosion arviointia. Uoman eroosion arvioinnissa voi hyvin tapahtua virheitä, koska maastohavaintoja tehtäessä pitää arvioida uoman syöpymistä ja lietteiden kasautumista sillä hetkellä. Vuosikymmen sitten tapahtuneen liestymisen voi helposti tulkita tapahtuneeksi vasta äskettäin, jolloin laskuojan tarkastelu kokonaisuutena on tärkeää.

Purkupisteiden vesiensuojelullinen tila määritettiin kiintoainekuormituksen mukaan, mutta kuormituksen laadun arvioiminen voi olla vaikeaa. Ongelmaksi muodostuu pohjakulkeuman ja liettyneen aineksen erottaminen toisistaan (Liite 8). Kooltaan suurempi kiintoaines kulkeutuu ojan pohjalla, mutta sillä ei ole vesiensuojelun kannalta suurta merkitystä toisin kuin liettyneellä pienikokoisella kiintoaineella. Kuivien ojien takia ei vedestä pystynyt arvioimaan kiintoaineen määrää.

Turpeen maatuneisuus määritettiin Von Postin menetelmällä ojan luiskasta. Kuivan kesän takia määritelmän tarkkuus ei ole kovin hyvä, koska turpeen tulisi olla tarpeeksi kosteaa jotta Von Postin menetelmä toimisi hyvin.

3.5 Aineisto MapInfo -paikkatieto-ohjelmassa

Kerätty maastoaineisto tallennettiin MapInfo -ohjelmaan, jossa tuloksia voitiin käsitellä ja havainnoida. MapInfossa oli käytettävissä laaja kirjo paikkatietoaineistoa, kuten peruskartat, ilmakuvat, maalajikartta, kasvupaikat, puuston keskitalavuus sekä vesien-

suojelun mallinnuksella tuotettu malliaineisto Surnuinjoen valuma-alueelle. Muuta työn kannalta välttämätöntä paikkatietoa oli mm. valta-ojien paikat, valuma-alueen ja valumalohkojen rajat sekä osalle pisteistä pistekohtaisesti laskettu yläpuolisen valuma-alueen koko.

MapInfolla on helppo tuottaa erilaisia havainnollisia teemakarttoja esimerkiksi mallinnusaineistosta tai inventointiaineistosta. Mallinnusaineiston voi esimerkiksi teemoittaa eroosioriskin perusteella ja samalla purkupisteelle tulevan valuman mukaan (liite 4). Inventointiaineiston ojapisteet voi teemoittaa eri väreillä vaikka ojan leveyden mukaan luokkiin.

Valuma-lohkot, purkupisteet, laskuojat sekä ojapisteet nimettiin ja havaintopisteet tallennettiin tarkasti oikeaan kohtaan GPS-paikantimen koordinaattien mukaan. Ojapisteiden etäisyys purkupisteestä mitattiin kartalta ja etäisyys on osa pisteen nimeä. Inventoinnissa kerätyt tiedot syötettiin ohjelman taulukkoon pistekohtaisesti. Maastossa havaitut erot mallinnuksen ennustamiin virtausreitteihin korjattiin (liite 5). Joitakin valumalohkojen selviä virheitä jouduttiin korjaamaan, jotta ne sopisivat yhteen valta-ojan kanssa.

4 MAASTOINVENTOINNIN TULOKSET

4.1 Vesiensuojelun tila Surnuinjoen valuma-alueella

Silmämääräisten havaintojen perusteella vesiensuojelun tila Surnuinjoen valuma-alueella on tyydyttävä. Vesiensuojelutoimenpiteitä alueella oli tehty vähän. Suureksi osaksi vesiensuojelu oli toteutettu laskeutusaltailla, joita koko alueella oli kymmenkunta. Altaiden lisäksi lietekuoppia oli uudemmissa ojissa. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta laskeutusaltaat oli tehty liian pieniksi. Altaat olivat usein pidättäneet suuren määrän kiintoainesta ja kokonaisuutena toimivat alueella tyydyttävästi. Altaiden tyhjennys olisi muutamassa tapauksessa paikallaan, koska kiintoainekuormitus jatkuu paikoin. Toisaalta monet altaista olivat tehtävänsä hoitaneet ja niin vanhoja, että olivat täyttyneet kiintoaineksesta ja pohjakulkeuman seurauksena. Kiintoainekuormitus on näissä tapauksissa aiheutunut yleensä purkupisteen yläpuolisen valuma-

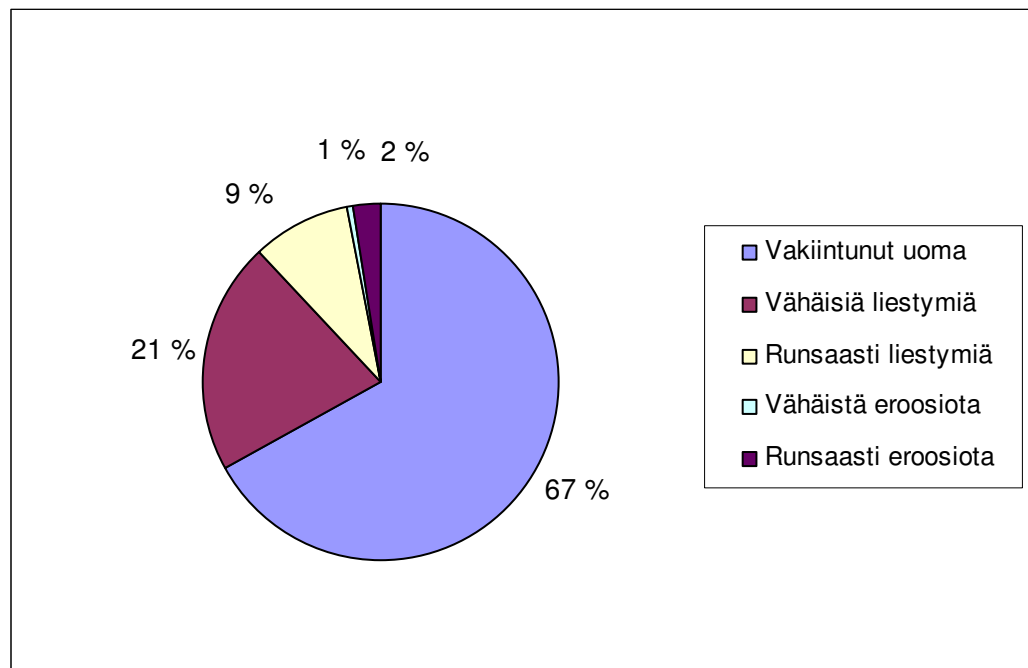
alueen suuresta koosta, maalajista, joka alueella usein on hiekkamoreeni, sekä maanpinnan kaltevuudesta.

4.2 Laskuojat

Laskuojat olivat tyypillisesti vanhoja, välillä ojat olivat mutkittelia ja matalia. Mitatuissa pisteissä laskuojien syvyys oli keskimäärin 68 cm, leveys 143 cm ja pohjan leveys 34 cm.

Laskuojien ominaisuudet vaihtelivat uudehkosta vanhaan, leveästä kapeaan ja syvästä matalaan. Muutamissa laskuojissa eroosiota oli havaittavissa vieläkin. Yleensä laskuojassa ei ollut mitään tiettyä kohtaa, joka olisi erodoitunut pahasti, paremminkin eroosiota tapahtui tasaisemmin ojaston alaosassa, missä virtaukset ovat voimakkaimpia. Liestymien määrä kertoo ehkä enemmän ojien muodosta ja iästä, eivätkä kaikki havainnot välttämättä ole juuri tapahtuneesta liestymisestä.

Laskuojat olivat suurimmaksi osaksi vakiintuneita (kuvio 1). Ojien luiskat olivat harvoja poikkeuksia lukuunottamatta kasvillisuuden peitossa. Paksuturpeisilla mailla kasvillisuutta oli ojassa yleensä enemmän ja sillä oli positiivinen vaikutus vesiensuojelun tilaan. Usein lähellä purkupistettä ojissa ei ollut riittävästi kasvillisuutta (liite 2). Syynä oli ehkä kovat virtaukset tulvahuippujen aikaan. Myös puiden latvuksien varjostus varmasti vähentää kasvillisuutta ojassa.



KUVIO 1. Eroosio uomassa, havaintoja 254 kpl.

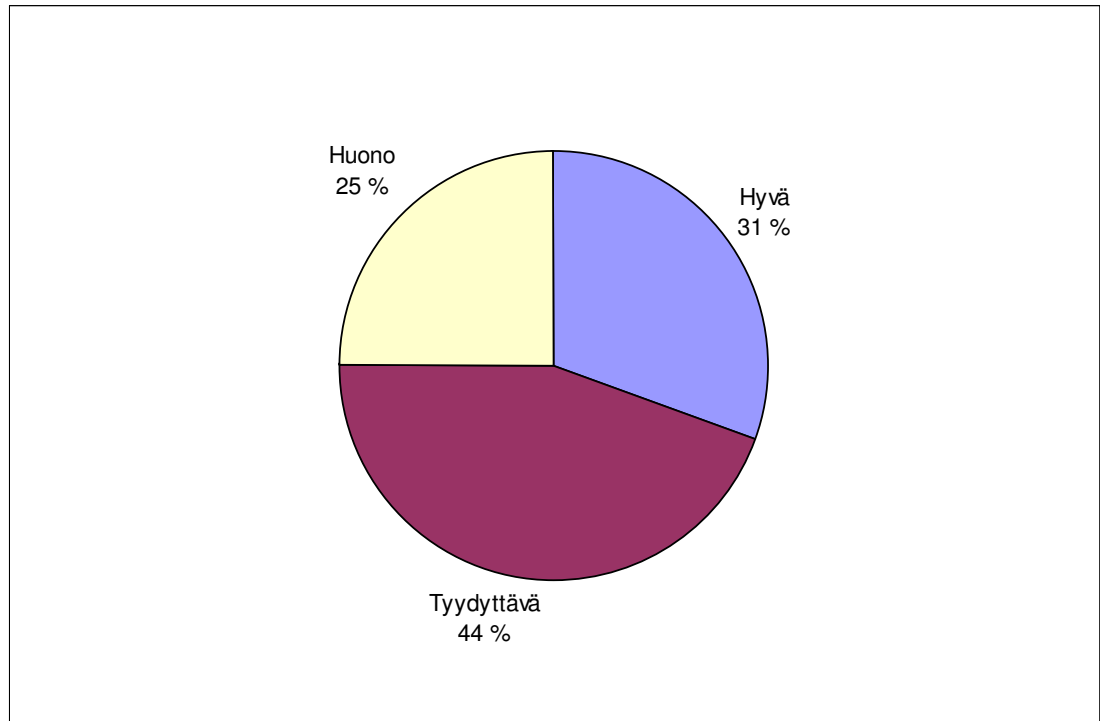
4.3 Purkupisteet

Purkupisteitä arvioitiin 36, joista 10 tapauksessa vesiensuojelun tarve arvioitiin välittömäksi (liite 3, kuvio 6). Keskimäärin purkupisteissä vesiensuojelun toimivuus oli tyydyttävä (kuvio 2). Purkupisteissä merkkejä jatkuvasta kuormituksesta näkyi paikoin, sen sijaan vanhasta kuormituksesta merkkejä oli nähtävissä runsaasti. Pitkällä aikavälillä tapahtunut kiintoainekuormitus näkyi matalassa järvessä usein selvästi. Jatkuvaa kiintoainekuormitusta oli havaittavissa paikoin koko Surnuinjoen valuma-alueella, Pohjois-Surnuin järvessä, jonkin verran Surnuinvälijokeen laskevissa purkupisteissä sekä suurissa Kirkko-Surnuihin laskevissa ojissa (.liite 1).

Purkupisteelle Y (kuva 1) on selvästi kulkeutunut aikojen saatossa paljon kiintoainesta. Karkeampi kiintoaine näkyy järvessä purkupisteen eteen muodostuneena vallina. Kevyempi kiintoaine kulkeutuu kauemmaksi ja laskeutuu järven pohjaan. Virtaama purkupistellä on yksi Surnuinjoen valuma-alueen suurimpia.



KUVA 1. Näkymä purkupisteeltä Y, Pohjois-Surnuin pohjoispäästä.



KUVIO 2. Vesiensuojelun kokonaistoimivuus purkupisteellä.

5 MAASTOTÖIDEN KEHITTÄMINEN

Paras ajankohta maastotöille on varmasti kevät ja alkukesä, jolloin kuumuus ja kasvilisuus eivät vielä haittaa. Varsinkin vanhemmilla ja rehevämmillä ojitusalueilla ojat peittyvät kesän edetessä helposti pintakasvillisuuden alle. Keväällä ojissa on myös enemmän vettä, mistä voi olla hyötyä kiintoainekuormitusta ja virtausreittiä arvioitaessa. Uoman pohjan leveyden mittauksessa vesi voi haitata.

Maastotyöohjetta kehitettäessä tulee pyrkiä saamaan tarvittava tieto riittävän tarkasti mahdollisimman vähillä mittauksilla ja arvioinnilla. Ohjetta pitäisi yksinkertaistaa ja selkeyttää. Monissa kohdin ohjeet, joiden perusteella vesiensuojelun toimivuutta arvioidaan, on selitetty liian pitkästi. Toisaalta ojat ja purkupisteet ovat niin erilaisia että ohjeen yksinkertaistaminen voi olla vaikeaa.

Maalajin määrittäminen ojien penkoista ja maalajikarttaa apuna käyttäen voi olla epätarkkaa. Ohutturpeisilla soilla maalajin määrittäminen on vielä vaikeampaa kuin kivennäismailla. GTK:n tuottama maalajikartta antaa tietoa maalajista, mutta maalajien luokittelun tarkkuudessa olisi parantamista.

Manningin kerroin on tärkeä osa mallinnettaessa tällä hetkellä tapahtuvaa eroosiota. Maastotyöohjeessa manningin kertoimen eri arvot on kyllä kuvattu sanallisesti, mutta kuvaukset ovat lyhytsanaisia ja vaikeaselkoisia. Kuvauksia pitäisi selkeyttää. Kertoimen määrittelyssä tarvitaan riittävästi ohjausta.

Vesiensuojelun tilan määrittelyssä tuntuu olevan jonkin verran päällekkäisyyksiä. Pisteen tila, vesiensuojelun kokonaistoimivuus sekä vesiensuojelun tarve menevät joiltain osin päällekkäin. Yhden näistä voisi luultavasti poistaa. Jos purkupisteen tila on hyvä, eli kiintoainekuormituksesta ei näy merkkejä, onko tämän havainnon jälkeen tarpeellista arvioida vesiensuojelutoimenpiteiden toimivuutta? Vesistöön kulkeutuvien liu-koisten ravinteiden määrää on tietysti vaikea nähdä ja pintavalutuskenttä parantaa vesiensuojelua, mutta niitä on harvassa.

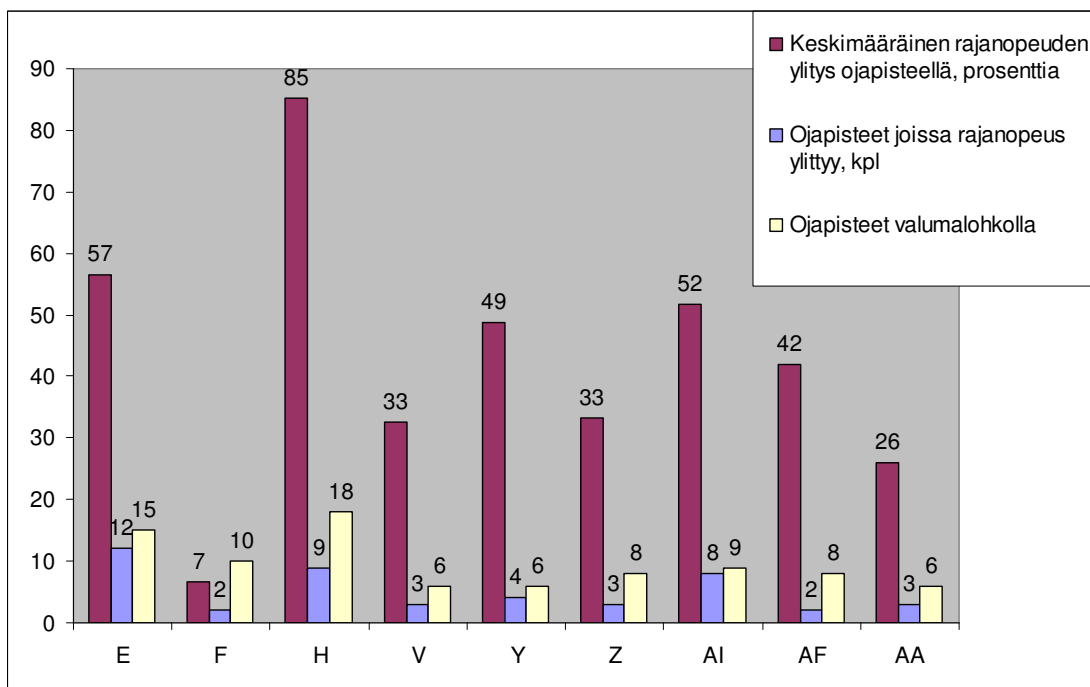
6 MAASTOHAVAINTOJEN VERTAUS MALLINNUKSEN TUOTTAMAAN AINEISTOON

6.1 Ojien erodoitumisen laskentataulukko

Uomien erodoitumista oli mahdollista laskea Metsäkeskuksen toimittaman uomien erodoitumista laskevan taulukon avulla. Taulukko on tehty Excel-tilukkolaskentaohjelmaan, ja sillä pystyi laskemaan virtausnopeutta tiettyssä ojapisteessä. Laskettua virtausnopeutta verrattiin maalajin rajanopeuteen, minkä jälkeen voitiin todeta erodoituuko uoma. Taulukkoon syötettiin maastossa kerättyjä tietoja, kuten ojan mitat, maalaji, korkeus merenpinnasta, puuston määrä, yläpuolisen valuma-alueen koko, Manningin kerroin sekä maanpinnan kaltevuus. Kartalta mitattiin maanpinnan kaltevuus ja Metsäkeskukselta saatiin tiedot puuston määrästä ja jokaisen pisteen yläpuolisesta valuma-alueesta.

Taulukon toimivuutta vanhoissa ojissa arvioitiin valitsemalla kiinnostavia valumalohkoja, eli käytännössä monipuolisesti valuma-lohkoja, joissa purkupisteen tila on tyydyttävä tai huono. Koko valuma-alueen 252 ojapisteen arvojen syöttäminen taulukkoon olisi ollut liian työlästä ja antanut vain vähän lisäarvoa taulukon käyttökelpoisuuden arvioimiseen.

Taulukon antamat tulokset osoittavat maalajin rajanopeuden ylittävän 53 %:ssa valituista 86 havaintopisteestä (kuvio 3). Purkupisteen tila arvioitiin kuudessa valituista valumalohkoista huonoksi ja kolmessa tyydyttäväksi, mikä kertoo yhä tapahtuvasta kiintoainekuormituksesta. Keskimääräinen maalajin rajanopeuden ylitys valituilla valumalohkoilla on suuri ja ojapistekohtainen ylitys oli paikoin 100 prosenttia. Kuitenkaan suurista virtausnopeuksista huolimatta eroosiota ei ojissa havaittu normaalia enemmän.



KUVIO 3. Maalajin rajanopeuden ylitys.

Jos uomien erodoitumisen laskentataulukkoa käytetään vanhemmissa ojissa, voisi maalajien rajanopeutta lisätä. Tosin samaa asiaa pitäisi ajaa Manningin kertoimen. Ehkä helpoin tapa olisi ottaa huomioon vain reilut rajanopeuden ylitykset.

Virtausnopeuden laskentataulukossa maalajit on jaettu lajittuneisiin maalajeihin sekä maatumattomaan että maatumeseen turpeeseen. Maalajikartasta vastaavan maalajin löytäminen taulukkoon oli välillä vaikeaa, koska maalajikartassa maalajit on jaettu epätarkasti. Esimerkiksi savimoreenia (SMr) ja hiekkamoreenia (Mr) kuvattiin samalla teemalla.

Kaltevuudet taulukkoon valituille ojapisteille mitattiin maastokartalta korkeuskäyrien avulla. Tämä on epätarkkaa ja joissain tapauksissa mittaus ei onnistu ollenkaan. Esimerkiksi korkeuskäyrän toisella puolella kaltevuus voi olla 0,5 metriä ja toisella puolella 4 metriä sadalla metrillä.

Laskentataulukon perusteella saatu tieto eroosiosta pitäisi olla samansuuntainen maastossa havainnoidun uoman erodoitumisen kanssa. Taulukon laskema eroosio ja maastohavainnot ojapisteissä eivät vastaa toisiaan. Suuri maalajin rajanopeuden ylitys oli kyllä yhteydessä purkupisteen huonoon tilaan, mutta yksittäisissä pisteissä eroosiota ei näy lasketulla tavalla.

Laskentataulukon käyttäminen vanhojen ojien erodoitumisen laskemiseen ei toimi luotettavasti. Suuri merkitys mallin toiminnalle on kaltevuuden laskennalla ja maalajilla. Kummankin muuttujan kohdalla tarvittaisiin tarkempia havaintoja. Lähes aina aineiston ojien luiskat ovat kasvillisuuden peitossa ja ojan pohjalla on jäljellä karkea aines, joka liikkuu pohjakulkeutena huippuvalumien aikaan. Uoman vakiintumisen aiheuttamaa eroosionvastustuskykyä on vaikea mitata. Alueen maalajilla ei tässä tilanteessa usein ole niin suurta merkitystä eroosion kannalta. Ehkä lajittuneet maalajit, kuten savi ja hietä, voivat erodoitua vielä kymmenien vuosien jälkeen eikä ojan pohjalle keräänny karkeaa ainesta samalla tavalla kuin moreenimailla.

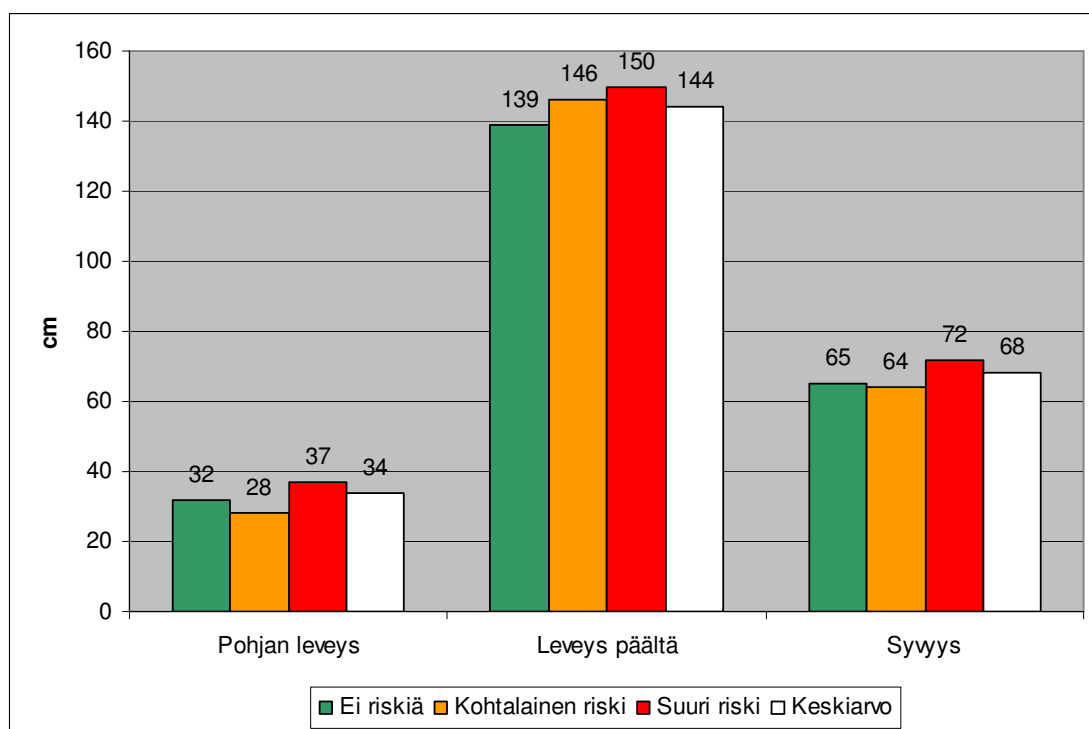
6.2 Mallinnusaineisto

Mallinnuksen vertaaminen Surnuinjoen valuma-alueen maastohavaintoihin ei ole kovin käytännöllistä. Vaikka mallinnuksella saadaan tietoa eroosioriskeistä heti kunnostusojituksen jälkeiseen tilanteeseen, voidaan olettaa ennustettujen suurten eroosioriskien laskuajissa tapahtuvan eroosiota todennäköisesti vieläkin. Yksi vertauskohta on purkupisteen tila, jossa on määritetty tapahtuvaa kiintoainekuormitusta purkupisteellä. Purkupisteen tila on arvioitu karkeasti seuraavalla tavalla: 1) ei merkkejä kuormituksesta, 2) ajoittaista kiintoainekuormitusta, 3) merkkejä jatkuvasta kiintoainekuormituksesta. Mallinnuksessa eroosioriski on havainnollisuuden takia jaettu kolmeen luokkaan; ei riskiä, kohtalainen riski sekä suuri riski. Nyt maastohavaintoja ja mallinnusta vertaamalla voi todeta mallinnuksen pitävän hyvin paikkansa. Kun suurta eroosioriskiä on ennustettu ojastossa vähänkään enemmän, on pisteen tila arvioitu hyvin todennäköisesti huonoksi tai tyydyttäväksi. Poikkeuksia kuitenkin on. Joissain tapauksissa vesiensuojelutoimenpiteet, yleensä laskeutusaltaat, ovat estäneet kiintoaineen kulkeutumisen purkupisteelle, jolloin pisteellä ei ole näkynyt merkkejä kiintoainekuormituksesta ennustetusta suuresta riskistä huolimatta. Näin on käynyt purkupisteellä AE.

Purkupisteillä L ja M mallinnuksen tulos ja maastohavainnot poikkeavat toisistaan tavallista enemmän. Purkupisteen M laskuojaan ennustettu suurehko eroosioriski ei näy purkupisteellä. Tähän on luultavasti syynä vanha suolle kaivettu laskuoja, joka on kasvanut hyvin umpeen. Purkupisteen L tila on arvioitu tyydyttäväksi, vaikka

eroosioriskiä on tuskin ollenkaan. Syynä tyydyttävälle arviolle on ehkä ollut laskuojan heikko vesiensuojelun tila.

Ennustetuissa suuren eroosioriskin laskuajissa uomien tulisi myös näyttää merkkejä tapahtuneesta eroosiosta. Uoman dimensioiden arvot ovat todennäköisesti suuremmat siellä missä eroosiota on tapahtunut. Ojapisteet jaettiin pisteen kohdalle mallinnetun eroosioriskin mukaan kolmeen joukkoon; ei riskiä, kohtalainen riski sekä suuri riski. Osa pisteistä (26) hylättiin lähinnä siksi, että virtausverkko ei pitänyt paikkaansa. Nyt eroosioriskien perusteella erotelluille joukoille laskettiin ojien dimensioiden keskiarvot (kuvio 4).



KUVIO 4. Ojien dimensioiden keskiarvot eroosioriskin mukaan, n = 226, ei riskiä -joukossa 116 havaintoa, kohtalainen riski 17, suuri riski 93.

Ennustetun suuren eroosioriskin kohdalla (kuvio 4) uomien dimensioiden keskiarvot ovat keskiarvoisesti hieman suuremmat kuin kohtalaisen riskin tai ei riskiä joukkojen ojapisteissä. Tulos oli odotettavissa, mutta erot joukkojen välillä ovat pienet. Ei riskiä ja kohtalaisen riskin uomien erot dimensioiden välillä ovat olemattomat. Ei riskiä ja suuren riskin uomien välilläkin erot ovat myös pienet. Toisaalta uomien tilavuuksia laskettaessa erot kasvavat. Kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä tästä ei voi vetää jo siksi, että ojapisteitä ei valittu tällaista vertailua varten, joten ne eivät ehkä ole edustavia.

Eroosioriskin mallintaminen tuottaa yleensä kohtalaisen luotettavaa tietoa valumalohkoista kokonaisuutena. Harvoin mikään yksittäinen kohta ojassa erodoitui. Jos mallinnus on ennustanut laskuojaan suurta eroosioriskiä, eroosiota suurella todennäköisyydellä tapahtuu vieläkin.

7 POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli esittää tulokset Surnuinjoen valuma-alueen vesiensuojelun tilan kartoituksesta ja arvioida vesiensuojelun mallinnuksen toimivuutta. Lisäksi esitettiin kehittämiskohteita maastotöissä ja ohjeissa.

Maastoinventoinnissa Surnuinjoen valuma-alueen vesiensuojelun tila arvioitiin 31 %:ssa valumalohkoista hyväksi, 44 %:ssa tyydyttäväksi ja 25 %:ssa huonoksi. Näiden lukujen perusteella vesiensuojelun tilassa on parannettavaa. Laskuojat ennen purkupistettä olivat vesiensuojelullisesti tyydyttävässä kunnossa, mutta laskuojassa ennen purkupistettä saisi olla enemmän kasvillisuutta.

Jo tapahtuneen ja tapahtuvan kiintoainekuormituksen erottaminen oli olosuhteiden takia vaikeaa. Pohjakulkeuma purkupisteillä on vaikeuttanut arviointia ja ehkä muuttanut vesiensuojelun tilan arviota heikommaksi.

Maastotyöohjetta pitäisi selkeyttää ja yksinkertaistaa. Päällekkäisyyksiä vesiensuojelun tilan arvioimisessa pitäisi karsia. Manningin kertoimen määrittely on hankalaa epämääräisten ohjeiden takia.

Vanhojen ojien uomien erodoitumisen laskentataulukkoa arvioitiin syöttämällä inventoinnista saatuja tietoja taulukkoon. Metsäkeskuksen toimittaman varsinaisen mallinnusaineiston arviointi tapahtui vertaamalla maastohavaintoja ja aineistoa keskenään.

Vanhojen uomien erodoitumisen laskenta taulukon avulla ei toimi luotettavasti. Epätarkkuutta aiheuttavat vanhojen ojien epämääräisyys ja ominaisuuksien, kuten kasvillisuuden peittämien luiskien ja karkean maa-aineksen, muuntaminen tarkasti luvuiksi.

Lähinnä maalajin ja kaltevuuden määrittäminen on epätarkkaa. Vanha uoma ei välttämättä erodoidu, vaikka alueen maalajin rajanopeus ylittyykin. Tähän on syynä yleensä kasvillisuus ja ojan pohjalle kertynyt karkea maa-aines. Vanhat ojat ovat usein vakiintuneita, eivätkä erodoidu helposti. Manningin kertoimen määrittäminen auttaa kuvaamaan ojan tilaa ja todennäköisesti parantaa laskennan tulosta, mutta kertoimen määrittäminen on liian epämääräistä.

Metsäkeskuksen toimittamaa mallinnusaineistoa vasta kaivetuille ojille verrattiin maastohavaintoihin. Mallinnuksen osoittama suuri vesiensuojelun riski valtaojassa oli yhteneväinen maastossa havaittuun heikkoon purkupisteen tilaan. Valtaojissa ei kuitenkaan eroosiota tapahtunut mallinnuksen osoittamissa kohdissa, koska ojat olivat koko valuma-alueella suureksi osaksi vakiintuneita.

Kun ojapisteet erotellaan mallinnuksen ennustaman eroosioriskin perusteella joukkoihin ja lasketaan näille joukoille ojien dimensioiden keskiarvot, voidaan havaita ojien tilavuuden olevan keskiarvoisesti suurempi siellä missä mallinnus on ennustanut suurempaa eroosioriskiä. Eroosioriskiä on ennustettu yleensä valtaojan alaosaan, missä iäkkään ojan koko on voimakkaamman virtauksen seurauksena usein suurempi kuin ylempänä ojassa. Tulos on oikeansuuntainen, mutta sen perusteella ei voida sanoa mallinnuksen toimivan.

LÄHTEET

Ahti, Erkki, Alasaarela, Erkki & Ylitolonen, Anneli 1995. Kunnostusojituksen vaikutus ojitusalueen hydrologiaan ja valumavesien ainepitoisuuksiin. Teoksessa Saukkonen, Sari & Kenttämies, Kaarle (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki: Suomen Ympäristökeskuksen monistamo, 157–168.

Ahti, Erkki, Joensuu, Samuli & Vuollekoski, Martti 1995. Laskeutusaltaiden vaikutus kunnostusojitusalueiden kiintoainehuuhtoumaan. Teoksessa Saukkonen, Sari & Kenttämies, Kaarle (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki: Suomen Ympäristökeskuksen monistamo, 139–155.

Alatalo, Merja 2000. Metsätaloustoimenpiteistä aiheutunut ravinne- ja kiintoainekuormitus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Oy Edita Ab.

Finer, Leena, Lauren, Ari & Karvinen, Leena 2002. Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta. METLA tiedonanto 886. Saarijärvi: Gummerus Oy.

Haapanen, Merja, Kenttämies, Kaarle, Porvari, Pertti & Sallantausta, Tapani 2006. Kiennäismaan uudistushakkuun vaikutus kasvinravinteiden ja orgaanisen aineen huuhtoutumiseen; raportti Kurussa ja Janakkalassa sijaitsevien tutkimusalueiden tuloksista. Teoksessa Kenttämies, Kaarle & Mattsson, Tuija (toim.) Metsätalouden vesistökuormitus. MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki: Dark Oy, 43–62.

Harjula, Heli 2004. Metsätalouden vesistöhaittojen lieventäminen. Teoksessa Walls, Mari & Rönkä, Mia (toim.) 2004. Veden varassa. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Holopainen, Ismo, Tolonen, Kimmo & Karjalainen, Heli 2004. Rehevöityminen ja järviluonnon monimuotoisuus. Teoksessa Walls, Mari & Rönkä, Mia (toim.) 2004. Veden varassa. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Joensuu, Samuli 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. METLA tiedonanto 868. Vantaa: Vammalan kirjapaino Oy.

Joensuu, Samuli, Makkonen, Timo & Matila, Airi 2004. Metsätalouden vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki: F.G. Lönnberg.

Kenttämies, Kaarle 2006. Metsätalouden fosfori- ja typikuormituksen määrittäminen. Teoksessa Kenttämies, Kaarle & Mattsson, Tuija (toim.) 2006. Metsätalouden vesistökuormitus, MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Dark Oy.

Kenttämies, Kaarle & Mattsson, Tuija (toim.) 2006. Metsätalouden vesistökuormitus, MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Dark Oy.

Kenttämies, Kaarle & Saukkonen, Sari 1996. Metsätalous ja vesistöt. MMM:n julkaisuja 4/1996. Helsinki: PrintLink Oy.

Laihonen, Pasi, Holopainen, Ismo, Hellsten, Seppo, Vuorinen, Ilpo, Jormala, Jukka, Marttunen, Mika, Harjula, Heli, Rönkä, Mia & Walls, Mari 2004. Vesiympäristöihin kohdistuvat muutospaineet. Teoksessa Walls, Mari & Rönkä, Mia (toim.) 2004. Veden varassa. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Laki vesienhoidon järjestämisestä 1299/2004. WWW-dokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.9.2009.

Lauri, Hannu 2008. Ohje mallinnukseen. YVA Oy.

Leinonen, Antti 2008. Pieksäjärven luonnonhoitohankkeen loppuraportti. Etelä-Savon Metsäkeskus.

Leivonen, Jorma 2005. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Yliopistopaino.

Lepistö, Ahti, Seuna, Pertti, Saukkonen, Sari & Kortelainen, Pirkko 1995. Hakkuun vaikutus hydrologiaan ja ravinteiden huuhtoutumiseen rehevältä metsävaluma-alueelta Etelä-Suomessa. Teoksessa Saukkonen, Sari & Kenttämies, Kaarle (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki: Suomen Ympäristökeskuksen monistamo, 73–84.

Manninen Pertti 1999. Kunnostus- ja täydennysojituksen vesistövaikutuksia. Etelä-Savon ympäristökeskus. Suomen ympäristö 372. Mikkeli: Etelä-Savon kirjapaino Oy.

Nieminen, Mika 1999. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen vaikutus valumaveden laatuun vanhoilla ojitusalueilla. Teoksessa Ahti, Erkki, Granlund, Hilka & Puranen, Essi (toim.) Metsätalouden ympäristökuormitus. METLA tiedonantoja 745. Helsinki: Hakapaino Oy, 109–113.

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 2001a. Fosfaattifosfori. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12877&lan=fi>. Päivitetty 15.4.2004. Luettu 7.9.2009.

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 2001b. Nitraattityppi. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=193351&lan=fi>. Päivitetty 17.6.2006. Luettu 7.9.2009.

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 2001d. Helposti hajoavat orgaaniset yhdisteet. WWW-dokumentti. <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=76272&lan=fi>. Päivitetty 26.6.2006. Luettu 7.9.2009.

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 2001c. Kiintoaine. WWW-dokumentti.
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=58535&lan=fi>. Päivitetty 3.5.2004. Luettu 7.9.2009.

SU2 Soiden kunnostusojitus. 2008. WWW-dokumentti.

<http://www.luonnontila.fi/fi/indikaattorit/suot/su2-soiden-kunnostusojitus>. Päivitetty 15.8.2008. Luettu 15.6.2009.

Suomen Ympäristökeskus 2009. WWW-dokumentti.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=101&lan=fi>. Päivitetty 9.3.2009. Luettu 12.9.2009.

Takala, Harri & Välimäki, Jari 2003. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Tampere: Tammer-Paino.

Uomien erodoitumisen laskentataulukko. Metsäkeskus Etelä-Savo.

Vauhkonen, Esa, Turunen, Veijo, Lyytikäinen, Veli, Ohtonen Arvo & Luotonen, Hanu 2003. Kunnostusojituksen vesiensuojele yksityismetsissä. Joensuu: Edita Prima Oy.

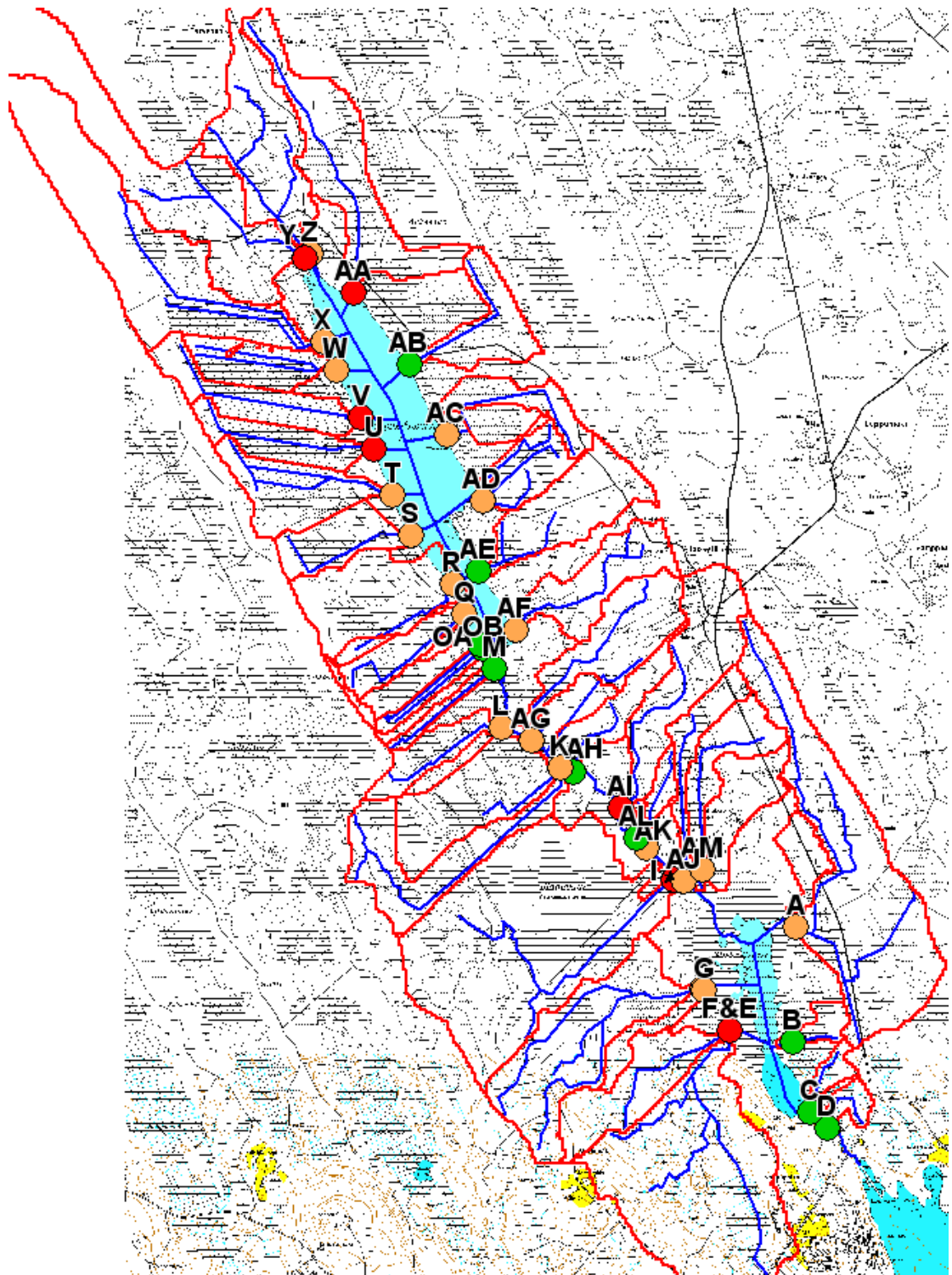
Vesiensuojelelun suuntaviivat vuoteen 2015. 2008. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=66351&lan=fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 8.9.2009.

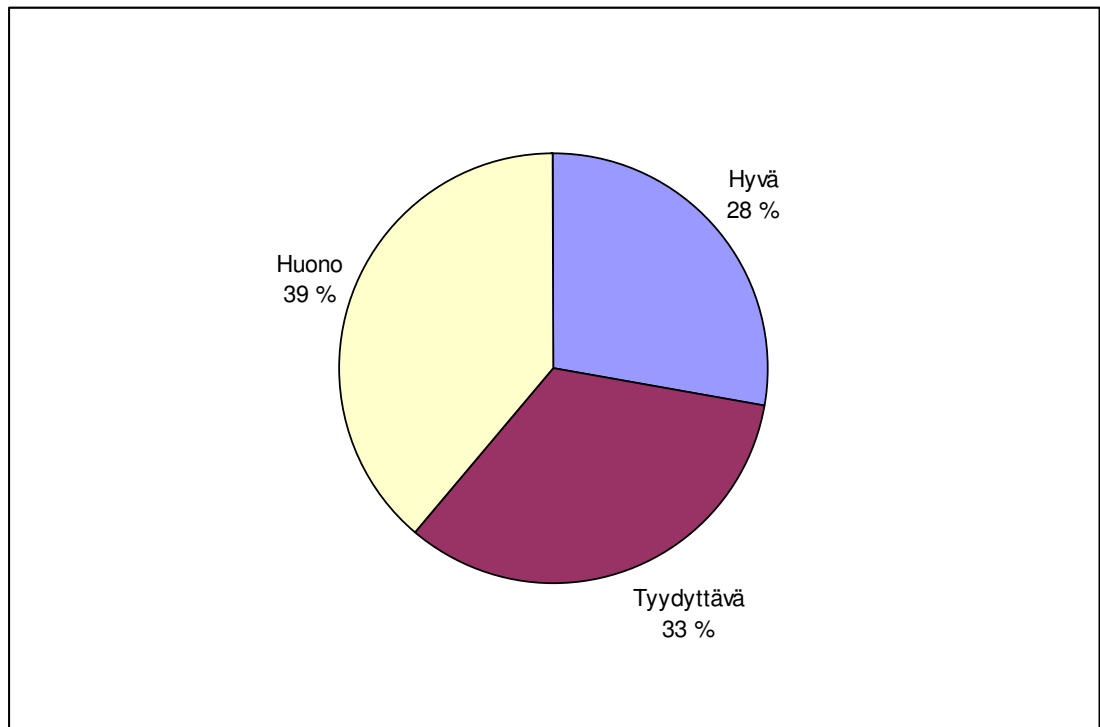
Vesiensuojelelun tavoitteet vuoteen 2005. 1998. Suomen Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=5197&lan=FI>. Ei päivitystietoa. Luettu 13.9.2009.

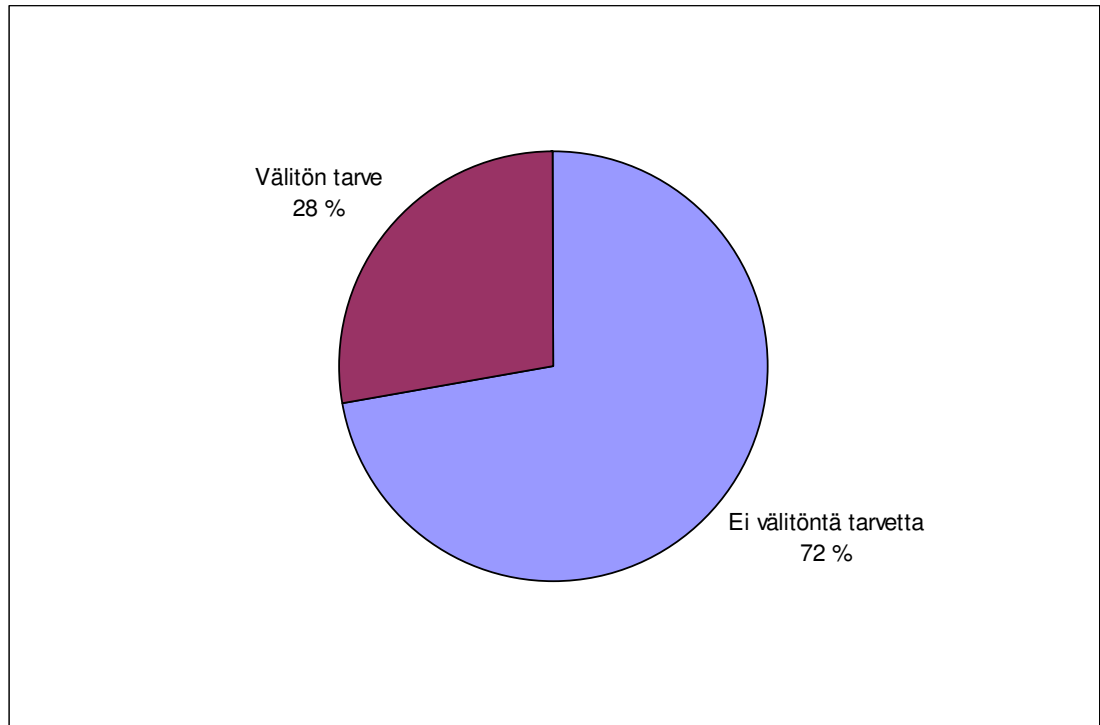
LIITTEET

LIITE 1. Vesiensuojelun tila purkupisteellä.

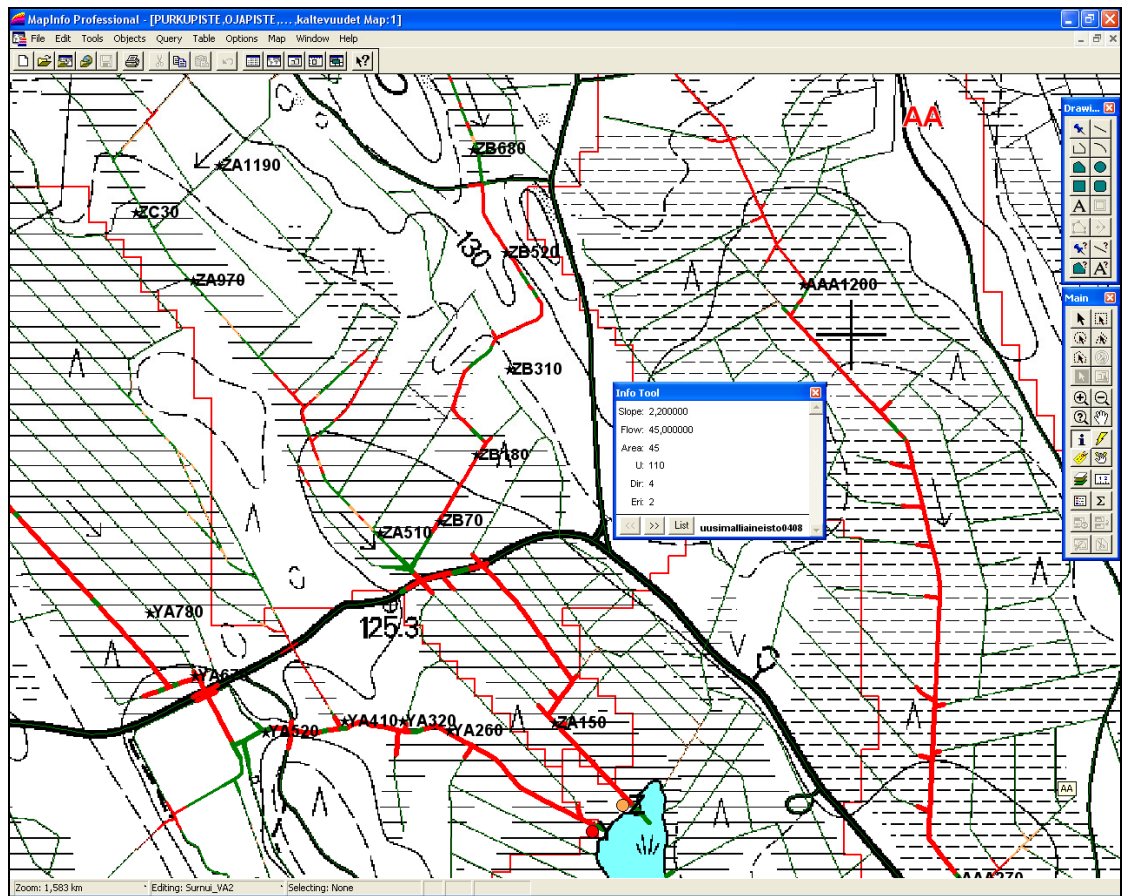


KUVA 2. Punainen ympyrä = huono, oranssi = tyydyttävä, vihreä = hyvä.

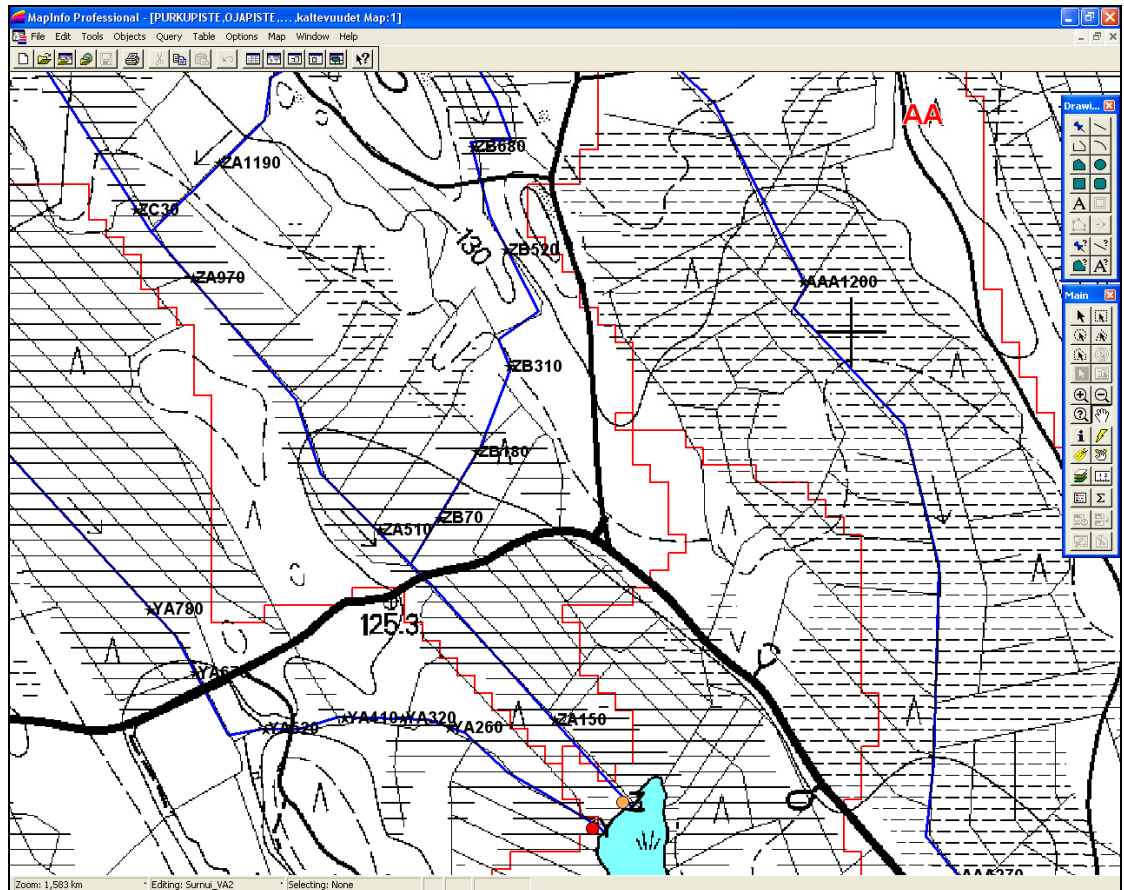
LIITE 2. Laskuojan toimivuus.**KUVIO 5. Laskuojan toimivuus.**

LIITE 3. Vesiensuojelun tarve purkupisteessä.**KUVIO 6. Vesiensuojelun tarve purkupisteessä.**

LIITE 4. Työtila MapInfo-paikkatieto-ohjelmassa.



KUVA 3. Paikkatietona peruskartta, laskuojien havaintopisteet, valumalohkot (pun), purkupisteet sekä mallinnusaineisto, joka on teemoitettu eroosioriskin (pun, vihr, oranssi) ja valuman mukaan (viivan paksuus). Info-ikkunassa on mallinnuksen yhden 10 metrin laskuoja-pätkän tiedot.

LIITE 5. Työtila MapInfo-paikkatieto-ohjelmassa.

KUVA 4. Kuin kuva 3, mutta mallinnusaineiston tilalla on korjatut valtaojat (sininen).

LIITE 6. Uomien erodoitumisen laskentataulukko.

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help																												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												
26																												
27																												
28																												
29																												
30																												
31																												
32																												
33																												
34																												
35																												
36																												
37																												
38																												
39																												
40																												
41																												
42																												
43																												
44																												
45																												
46																												
47																												

KUVA 5. (Uomien erodoitumisen laskentataulukko.)

LIITE 7. Inventointilomake.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	INVENTOIJAN			PÄIVÄMÄÄRÄ				VALUMA-ALUE				
3												
4	PURKUVESISTÖ			VALUMALOHKON TUNNUS								
5												
6												
7		TUNNUS	Pisteen tila	TOIMIVUUS S altaat	SYV	TOIMIVUUS perkaamatto mat / umpeutuneet ojat	SYV	kokonais Vs toimivuus	Vs tarve	kuva		
9	LASKUOJAN PURKUPISTE	A	2	-	-	2	2	2	1			
10	LASKUOJAN PURKUPISTE											
11	LASKUOJAN PURKUPISTE											
12	LASKUOJAN PURKUPISTE											
13		NIMI JA PAALU	UOMAN POHJAN LEVEYS	OJAN LEVEYS PÄÄLTÄ	OJAN SYVYYS	LUISKAN KALTEVUUS 1/X	MANING	MAALAJI	TURPEEN PAKSUUS	MAATUNE ISUUS	EROOSIO	KUVA
14	LASKUOJAN HAVAINTOPISTE	AA140	0,4	0,4	1,1		E2 0,040		0,4	4	2	
15	LASKUOJAN HAVAINTOPISTE	AA250	0,4	0,4	0,4		B5 0,040		0,3		1	
16	LASKUOJAN HAVAINTOPISTE	AA590	0,4	0,6	0,5		E2 0,050		0,3		1	
17	LASKUOJAN HAVAINTOPISTE											

KUVA 6. Inventointilomake.

LIITE 8. Ojapiste HA380.

KUVA 7. Uomassa pohjakulkeumana liikkuvaa karkeaa hiekkaa.

LIITE 9(1). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

Syötettävät tiedot

Perustiedot

Valuma-alue:

Valuma-alueella tarkoitetaan ympäristöhallinnon 3. jakovaiheen vesistötunnusta (esim. 14.796)

Purkuvesistö:

Purkuvesistöllä tarkoitetaan vesilain mukaisia vesistöjä. Puro lasketaan tässä tapauksessa purkuvesistöksi. Puron luonnontilan muuttaminen perkaamalla ei muuta vesistön statusta. Valtaajia ovat uomat, jonka valuma-alue on alle 1000 ha, eikä se toimi lasku-uomana muulle vesistölle tai lammelle.

Valuma-lohko:

Valumalohko on osa 3. jakovaiheen valuma-aluetta tai kokonaisen vesistön tai puron valuma-aluetta. Valumalohkon vedet laskevat vesistöön tai puroon on yhden tai useamman purkupisteen kautta. Valumalohkot ovat valumalohkon purkupisteestä tarkasteltuna käsittelyltään ja/tai ominaisuuksiltaan yhtenäisiä valuma-alueita. Valuma-lohkojen pinta-ala voi vaihdella hehtaareista joihinkin satoihin hehtaareihin.

Valumalohkon tunnus on kaksiosainen.. Tunnuksen ensimmäinen osa valumalohkon olevan tunnus. (esim. A). Toinen osa muodostuu valumalohkon purkuvesistölle annetusta tunnuksesta (esim. Kirkkosurnui = 1, jolloin valumalohkon koko tunnus on A1).

Laskuojan purkupiste

Laskuojan purkupisteelle kerätään tietoja valumalohkon laskuojan nykytilasta. Tietoja purkupisteen tilasta käytetään hyväksi, kun arvioidaan valumalohkon nykytilaa ja vesiensuojelutarvetta. Jos purkupisteellä havaitaan merkkejä vasta tapahtuneesta kuormituksesta tulee tähän syitä etsiä ylempää valumalohkon uomista.

Havainnointi tapahtuu silmämääräisesti, jolloin pystytään arvioimaan lähinnä kiintoainekuormitusta. Toisaalta kiintoainekuormitus voi ilmentää myös jossakin määrin ravinnekuormitusta. Ravinnekuormitus voi ilmetä selvästi ympäristöstään poikkeavana kasvillisuutena purkupisteessä ja purkuvesistön puolella purkupisteen kohdalla.

Purkupiste sijaitsee aina metsämaan puolella, jossa myös purkupisteen tila arvioidaan. Esim. vesialueen puolella olevan kasvillisuuden ja umpeenkasvun ei voida katsoa vähentävän vesiensuojelutarvetta, jos se näkyy selvästi metsämaan puolella.

Purkupiste ei myöskään ole puron tai joen yhtymäpiste järveen, sillä valumalohko ei voi olla koko puron tai vesistön valuma-alue, vaan aina osa sitä.

Tunnus:

Laskuojan purkupisteen tunnus rakentuu kahdesta osasta. Ensimmäinen osa on valumalohkon tunnuksen alkuosa (Esim. A). Loppuosa purkupisteen oma tunnus (esim. a, jolloin kokotunnus on Aa).

LIITE 9(2). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

Purkupisteen tila:

Kohtaan pisteen tila arvioidaan lasku-uoman merkitystä kuormituksen kannalta. Onko purkupisteessä merkkejä nykyhetkellä, tai vasta tapahtuneesta kuormituksesta, joka jatkuu todennäköisesti yhä (esim. seuraava kevättulva). Selvästi aikaisemmin tapahtuneita merkkejä kuormituksesta ei arvioida (esim. vesistön puolelle muodostuneet ”deltat”).

Pisteen tilan koodit:

3= Purkupisteessä on merkkejä vasta tapahtuneesta/yhä jatkuvasta kuormituksesta. Purkupisteessä on liestymiä eikä yläjuoksulta kulkeutunutta hienojakoista kiintoainesta. Liestymät ovat tukkineet myös lasku-uomaa, jo se voi olla pahimmassa tapauksessa kokonaan tukossa. Purkupisteen läheisyyteen on voitu tehdä vasta laskeutusallas, joka on täyttynyt niin, että kevättulvien aikaan altaasta irtoaa aikaisemmin kasautunutta ainesta. Umpeenkasvaneeseen ojaan voi sammalen päälle olla keräytynyt tuoretta kiintoainesta.

2= Purkupisteessä on merkkejä ajoittain tapahtuvasta kuormituksesta. Purkupisteen tuoreet liestymät ovat niin vähäisiä, etteivät ne vaikuta vedenvirtaukseen.

1= purkupisteessä ei näy ollenkaan merkkejä tuoreesta kuormituksesta.

Toimenpiteiden toimivuus:

Laskeutusaltaiden toimivuutta arvioidaan vain jos ne on toteutettu. Perkaamattomien/umpeutuneet ojat arvioidaan aina purkupisteessä. Toimenpiteiden toimivuuden arvioinnissa pyritään arvioimaan kuormituksen pääsyä vesistöön. Vaikka tällä hetkellä purkupisteessä ei ole havaittavissa kuormitusta, voi umpeen pitkältä matkalta sammaloitunut lasku-uoma toimia myöhemmin kauempaa kulkeutuvan kiintoaineen pidättäjänä.

Toimivuus laskeutusaltaat:

1= HYVÄ laskeutusaltaan mitoitus on riittävä, se ei sijaitse tulvavyöhykkeellä, altaassa on jäljellä reilusti vapaan veden tilavuutta. Alapuolisessa uomassa ei ole merkkejä altaan läpi kulkeutuneesta kiintoaineesta.

2=TYYDYTTÄVÄ, laskeutusaltaan toiminta on osittain riittämätöntä, mutta altaalla on kuitenkin selvä positiivinen vaikutus. Vajavainen toiminta voi johtua liian pienestä mitoituksesta sijainnista tai osittaisesta täyttymisestä. Altaan alapuolella voi olla vähäisiä merkkejä läpi kulkeutuneesta kiintoaineesta.

3= HUONO, laskeutusaltaalla ei merkitystä vesiensuojelun kannalta. Allas täyttynyt täydellisesti. Tulva-aikaiset vedet irrottavat vähän veden aikana pidättynyttä kiintoainesta uudelleen liikkeelle. Altaan alapuolella.

Syy:

Jos laskeutusaltaan toiminta on arvioitu tyydyttäväksi tai huonoksi, tulee syy yksilöidä

1= toimenpide alimitoitettu

2=väärä sijoitus (tulvavyöhyke)

3=maaperän kaltevuus

4=allas täynnä

LIITE 9(3). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

Toimivuus perkaamattomat/umpeutuneet ojat:

Tässä kohdassa arvioidaan onko arvioitavan laskuojan ja vesistön tai puron välillä laskuojassa umpeen kasvanutta/perkaamatta jätettyä osuutta, jolla on merkitystä vesiensuojelun kannalta. Tällä hetkellä laskuoja voi olla kokomatkaltaan niin umpeenkasvanut, ettei kiintoainekuormitusta pääse purkupisteelle asti. Vaikkei laskuoja itsessään tällä hetkellä syöpyisikään, voidaan sitä joutua perkaamaan tulevaisuudessa siltä osin kuin se on välttämätöntä yläpuolisen alueen kuivatustehon ylläpitämiseksi. Tällöin on vesiensuojelua tehostaa suuresti, jos vesistön ja perattavan uoman välillä on riittävästi perkaamatonta uomaa, jolla merkitystä kiintoaineen pidättäjänä. Laskuojissa, jossa virtaa paljon vettä ympäri vuoden ei varsinaisen perkaamattoman uoman pituudella ole merkitystä, jos siinä ei ole ollenkaan kasvillisuutta, joka hidastaa virtausta ja pidättää kiintoainesta. Liukoisten ravinteiden pidätyminen laskuojaan on yleensä joka tapauksessa erittäin vähäistä liian pienen viipymän takia.

1=HYVÄ, kun laskuojan ja vesistön välissä on riittävän pitkä patkka umpeenkasvanutta ojaa. Ojan pohjat ja luiskat ovat paksun rahkasammalen peitossa ja vesi virtaa osittain rahkasammalen seassa. Ojassa ei ollenkaan kasvipeitteetöntä pintaa. Rahkasammaleeseen pidättyy tehokkaasti kiintoainesta. Tulva-aikana vesi ei välttämättä sovi kokonaan ojaan vaan se levittäytyy osittain ojan ulkopuolelle.

2= TYYDYTTÄVÄ, kun laskuojaan on muodostunut vedenvirtausta hidastavaa ja kiintoaineista sitovaa kasvillisuutta. Rahkasammalpeite ei ole ojassa yhtenäinen vaan ojan pohjalla muodostunut kasvillisuus voi olla ruohoja ja heiniä. Perkaamattoman ojan osuus voi olla myös liian lyhyt suhteessa vesimäärään, jolloin lievää liettymistä on havaittavissa myös perkaamattomassa uoman osassa.

3= HUONO, kun laskuojassa ei ole ennen vesistöä ollenkaan osuutta, jossa olisi vedenvirtausta hidastavaa ja kiintoainesta sitovaa kasvillisuutta. tai se on niin lyhyt/liettynyt ettei sillä ole merkitystä vesiensuojelun kannalta. Pelkkä luiskissa oleva kasvillisuus ei paranna tilannetta, jos uoman pohjassa ei ole kasvillisuutta, jolla olisi merkitystä veden virtauksen hidastamisessa ja kiintoaineen sitomisessa.

Syy:

Jos perkaamattoman/umpeutuneen toiminta on arvioitu tyydyttäväksi tai huonoksi, tulee syy yksilöidä

1= liian lyhyt

2=kasvillisuutta ei ole/ liian vähän

Vesiensuojelun kokonaistoimivuus:

Vesiensuojelun toimivuutta arviotaessa otetaan huomioon altaiden (jos on) ja umpeen kasvanneen /perkaamattoman osan toimivuus tällä hetkellä.

1= HYVÄ, kun perkaamattoman ojan/umpeenkasvaneen osan osuus laskuojasta on riittävä, että sillä on selvä merkitys kiintoaineen pidätykseen. Mahdollinen kiintoainekuormitus on pidättynyt laskuojan yläjuoksulle tai yläpuoliseen

LIITE 9(4). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

laskeutusaltaaseen. Vesi virtaa purkupisteessä osittain sammalen seassa niin että perkaamattoman uoman/umpeenkasvun merkitys olisi yksistään hyvä myös ilman laskeutusallasta. Perkaamattoman/umpeenkasvaneen uoman toimivuuden tulee olla hyvä, jotta kokonaistoimivuus olisi hyvä.

2=TYYYDYTTÄVÄ, kun perkaamattomien/umpeenkasvaneiden ojien toimivuus on vähintään tyydyttävä, jos mahdollisesti purkupisteen yläpuolelle tehty laskeutusallas toimii vähintään tyydyttävästi. Kokonaistoimivuus on tyydyttävä, myös ilman laskeutusallasta, kun mahdollinen kiintoainekuormitus pysähtyy suurimaksi osaksi perkaamattoman uoman matkalle, eikä järveen pääse silmin havaittavaa kiintoainekuormitusta. Jos perkaamattoman/umpeutuneen ojan toimivuus on huono, ja purkupisteeseen tulee kiintoainekuormitusta, tulee lasku-uomassa olla laskeutusallas, jonka toimivuus on vähintään hyvä. Tällöin kokonaistoimivuus on korkeintaan tyydyttävä.

3=HUONO, kun perkaamattoman ojan toimivuus on huono, eikä lasku-uomassa ole hyvin toimivaa laskuetusallasta.

Vesiensuojelutarve purkupisteessä

Vesiensuojelutarve purkupisteessä arvioidaan nykyhetken perusteella. Arvioinnissa otetaan huomioon silmämääräisesti purkupisteelle tuleva kuormitus (purkupisteen tila) sekä arvioitu vesiensuojelun toimivuus.

1= ei välitöntä vesiensuojelutarvetta, purkupisteelle ei kohdistu silmämääräistä kiintoainekuormitusta. Jos purkupisteelle kohdistuu silmämääräistä kiintoainekuormitusta, tulee vesien- suojelun kokonaistoimivuuden olla vähintään tyydyttävä.

2=välitön vesiensuojelutarve, purkupisteelle kohdistuu silmämääräisesti havaittavaa kiintoainekuormitusta, joka pääsee vesistöön tai puroon. Purkupisteen vesiensuojelun taso on huono.

Valumalohkon vesiensuojelutarvetta arvioitaessa otetaan huomioon purkupisteen vesiensuojelutarpeen lisäksi tiedot valuma-alueen kuormitukseen vaikuttavista pysyvistä ominaisuuksista (maalajit, kaltevuudet), toimenpidemääräistä ja tyyppistä, yläpuolisista uoman tarkastelupisteistä kerätty maastotieto, erilaisten metsänkäsittelyskenaarioiden mukaiset laskennalliset tiedot uomien syöpmisestä, sekä käytettävissä olevat vesiensuojelumenetelmät ja niiden arvioitu puhdistustehokkuus.

Laskuojan havaintopisteistä kerättävä tieto

Laskuojien havaintopisteistä kerättävää tietoa käytetään hyväksi arvioitaessa silmämääräisesti ja laskennallisesti (RLGIS/channel erosion tai uomaver6ver2.xls) uomien syöpmistä. Tavoitteena on tunnistaa eroosiota aiheuttavat uoman osat ja tuottaa tietoa valumalohkolta vesistöön kohdistuvasta kuormituksesta yhdessä purkupisteeltä kerättävien tietojen kanssa. Tietojen avulla voidaan suunnitella ja kohdistaa korjaavat toimenpiteet oikein sekä tuottaa metsätaloustoimenpiteiden laatua parantavaa tietoa numeerisessa muodossa eri toimijoille. Erityisesti tämä hyödyttää ojitusten suunnittelua.

LIITE 9(5). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

Laskuojan nimi ja paalu:

Laskuojan tunnus on kaksiosainen. Laskuojan tunnus on sama kuin sen purkupisteen tunnus. Jos purkupisteen laskuoja jakaantuu yläjuoksulta ja myös niiltä otetaan havaintopisteitä, tulee annetaan niille oma kirjain. Esim. D-valumalohkon a-purkupisteen laskuojan 3. sivuhaaran alajuoksulta laskettuna tunnus on Dac. Paalu tarkoittaa tarkastelupisteen etäisyyttä metreissä

ojan alusta alasta alajuoksulta päin tarkasteltuna. Esim. oja Dac100. Pisteen sijainti tallennetaan myös paikkatietoon.

Uoman pohjan leveys metriä:

Merkitään uoman pohjan tasaisen osan leveys metrinä kymmenyksen tarkkuudella.

Uoman leveys päältä:

Tarvitaan luiskan kaltevuuden laskemisessa.

Luiskan kaltevuus:

merkitään luiskan kaltevuus $1/x$, jossa yksi on uoman syvyys. Oletuksena luiskan kaltevuuden laskennassa on, että ojan molempien luiskien kaltevuus on sama.

pl = pohjan leveys

le = ojan leveys pinnalta

h = ojan syvyys

$$x = (h / (le/2 - pl/2)) - 1$$

Manning: Manningin kerroin kuvaa ojan tukkoisuutta/kasvillisuuden veden virtausta hidastavaa vaikutusta

LIITE 9(6). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

9. Arvoja karkeuskertoimen laskemiseksi kaavalla (31)
 $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$
 10. Manningin kaavan karkeuskertoimen n arvoja.
 (Kursivoituja arvoja suositellaan käytettäväksi yleensä suunnitteluvaiheessa.)

9

Uoman ominaisuudet			Arvot
Uomamateriaali	Maa	n_0	0,020
	Kallioleikkaus		0,025
	Hieno sora		0,024
	Karkea sora		0,028
Epätasaisuus	Sileä	n_1	0,000
	Vähäinen		0,005
	Kohtuullinen		0,010
	Suuri		0,020
Uoman poikkileikkauksen vaihtelut	Hidasta muutosta	n_2	0,000
	Vähän vaihteluja		0,005
	Tiheitä vaihteluja		0,010...0,015
Uomassa olevien esteiden (pilarit, puomit ym.) vaikutus	Mitättön	n_3	0,000
	Vähäinen		0,010...0,015
	Huomattava		0,020...0,030
	Suuri		0,040...0,060
Kasvillisuus	Alhainen	n_4	0,005...0,010
	Keskinkertainen		0,010...0,025
	Suuri		0,025...0,050
	Hyvin suuri		0,050...0,100
Mutkaisuus	Vähäinen	m_5	1,000
	Huomattava		1,150
	Suuri		1,300

10

Uoman tyyppi ja ominaisuudet	Minimi	Normaali	Maksimi
C. Kaivettu tai ruopattu			
a. Maa, suora ja tasainen			
1. Puhdas, äsken valmistunut	0,016	0,018	0,020
2. Puhdas, oltuaan sään vaikutuksen alaisena	0,018	0,022	0,025
3. Sora, tasainen poikkileikkaus, puhdas	0,022	0,025	0,030
4. Lyhyttä ruohoa, vähän vesikasveja	0,022	0,027	0,033
b. Maa, kaarteita			
1. Ei kasvillisuutta	0,023	0,025	0,030
2. Ruohoa, vähän vesikasvillisuutta	0,025	0,030	0,033
3. Paljon vesikasv. syvässä uomassa	0,030	0,035	0,040
4. Maapohja, someroluiskat	0,028	0,030	0,035
5. Kivinen pohja, luiskat ruohottuneet	0,025	0,035	0,040
6. Louhospohja, puhtaat luiskat	0,030	0,040	0,050
c. Vetokauhalla kaivettu tai ruopattu			
1. Ei kasvillisuutta	0,025	0,028	0,033
2. Vähän mättäitä luiskissa	0,035	0,050	0,060
d. Kallioleikkaus			
1. Sileä ja tasainen	0,025	0,035	0,040
2. Ryöstöjä ja epätasaisuuksia	0,035	0,040	0,050
e. Uomat vailla kunnossapitoa, ruoho ja mättäät leikkaamatta			
1. Paljon kasvillisuutta, vedensyvyyden kor- kuista	0,050	0,080	0,120
2. Puhdas pohjaluiskissa mättäitä	0,040	0,050	0,080
3. Samoin, korkein vedenpinta	0,045	0,070	0,110
4. Paljon pensaita, mättäitä, korkea vedenpinta	0,080	0,100	0,140

LIITE 9(7). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

D. Luonnon uomat			
1. Pienemmät uomat, pintaleveys yliveden aikana < 30 m			
a. Tasankojoet			
1. Puhdas, suora, täynnä vettä, ei syviä lampia tai levennyksiä	0,025	0,030	0,033
2. Sama, mutta kiviä ja kasveja	0,030	0,035	0,040
3. Puhdas, kaarteita, joitakin lampia ja levennyksiä	0,033	0,040	0,045
4. Sama, mutta kiviä ja kasveja	0,035	0,045	0,050
5. Sama, alemmat vedenkorkeudet, epätasaiset luiskat ja poikkileikkaukset	0,040	0,048	0,055
6. Sama kuin 4, mutta paljon kiviä	0,045	0,050	0,060
7. Epäsäännöllinen, kasveja, syviä lampia	0,050	0,070	0,080
8. Hyvin paljon kasvillisuutta, syviä lampia tai tulvaväylä, jossa paljon puita ja pensaita	0,075	0,100	0,150
b. Vuoristojoet, ei kasvillisuutta, jyrkät luiskat, luiskien puut ja pensaat jäävät tulvan alle			
1. Pohja: soraa, kiviä ja vähän lohkareita	0,030	0,040	0,050
2. Kiviä ja suuria lohkareita	0,040	0,050	0,070
2. Tulva-alueet			
a. Niitty, ei pensaita			
1. Lyhyt ruoho	0,025	0,030	0,035
2. Pitkä ruoho	0,030	0,035	0,050
b. Pelto			
1. Ei viljaa	0,020	0,030	0,040
2. Kypsä juurikassato	0,025	0,035	0,045
3. Kypsä viljasato	0,030	0,040	0,050
c. Pensaikko			
1. Siellä täällä pensaita, paljon ruohoa	0,035	0,050	0,070
2. Vähän pensaita ja puita, talvella	0,035	0,050	0,060
3. Vähän pensaita ja puita, kesällä	0,040	0,060	0,080
4. Kohtalaisesti tai paljon pensaita, talvella	0,045	0,070	0,110
5. Kohtalaisesti tai paljon pensaita, kesällä	0,075	0,100	0,165
d. Puita			
1. Tiheä pajukko, kesällä, suora	0,110	0,150	0,200
2. Hakattu alue, kantoja, ei vesoja	0,030	0,040	0,050
3. Sama kuin edellä, mutta paljon vesoja	0,050	0,060	0,080
4. Tiheä puusto, vähän pienempiä puita, ei alakasvillisuutta, tulvavesipinta oksien alapuolella	0,080	0,100	0,120
5. Sama kuin yllä, tulvavesi yltääoksiin	0,100	0,120	0,160
3. Suuret virrat (pintaleveys yliveden aikana yli 30 m). n-arvo on pienempi kuin pienten jokien arvo, koska luiskat aiheuttavat pienemmän vastuksen.			
a. Normaali ilman lohkareita tai pensaikkoa	0,025		0,060
b. Epätasainen ja karkea	0,035		0,100

Maalaji:

Tarkastelupisteestä arvioidaan alueen (ei huomioida ojan pohjalle mahdollisesti tulleita lies-
tymiä) pääasiallinen maalaji. Apuna voidaan käyttää numeerisen maaperätietokannan tietoja,
johon maastohavaintoja verrataan.

LIITE 9(8). Maastoinventointilomakkeen täyttöohje.

Turpeen paksuus:

Tarkastelupisteestä ojan kohdalta mitataan turvekerroksen paksuus, jota voidaan käyttää uoman syöpmisen arvioinnissa. Paksuus ilmoitetaan metrin kymmenesosan tarkkuudella.

Turpeen maatuneisuus:

Turpeen maatuneisuuden määrittelyssä käytetään metsäsuunnittelun maastotyöoppaassa kuvattua kolmiportaista turpeen maatuneisuuden luokittelua, joka perustuu von postin menetelmällä tehtyyn turpeen maatuneisuuden määrittelyyn. Määrittelyn tavoitteena on tunnistaa eroosioherkät maatuneet turpeet.

Tarkasta Metsäsuunnittelun maasto-opas

1=

2=

3=

Eroosio uomassa(irtoaminen ja kasaantuminen):

Tarkastelupisteessä arvioidaan uoman syöpmistä ja lietteiden kasaantumista tällä hetkellä. Ojassa voi tarkastelupisteessä olla liestymiä, jotka ovat syntyneet kun ojan luiskat ovat sortuneet tai liestymät ovat tulleet ylempää uomasta. Yleensä vanhassa uomassa, jonka luiskat ovat stabiloituneet, liestymät tarkastelupisteessä kertovat ylempänä tapahtuvasta eroosiosta, jonka lähde on syytä selvittää. Ylempänä irronnut aines kasaantuu paikoille, jossa virtausnopeus hiljenee. Itse uoman pohja ei näissä paikoissa syövy.

Uoman pohjan syöpmisen voi tunnistaa siitä, että ojan syvyys kasvaa. Vesi voi olla kaivertanut pohjan selvästi alemmaksi, kuin se on ollut alun perin kaivun jälkeen. Tätä voi havainnoida alaosastaan jyrkästä luiskan muodosta. Keskikarkeilla ja karkeilla moreenimailla, ojan pohjan syöpyminen lakkaa yleensä siinä vaiheessa, kun ojan pohjan leikkauspinnasta on huuhtoutunut hienompi aines pois ja jäljelle on jäänyt eroosiota kestävä karkea aines. Syöpyvillä maatuneilla turvemailla ojan pohja voi syöpyä kivennäismaahan asti, jonka laadusta riippuen eroosio loppuu.

1=uomassa ei eroosiota tai liestymiä, luiskat ovat stabiloituneet, eikä ojan pohjalla näy tasajakoista hienojakoista kiintoainesta

2=uomassa on paikoitellen vähäisiä liestymiä, jotka eivät vaikuta veden virtaukseen

3 = uomassa on runsaasti liestymiä, joiden takia uoman profiili muuttunut ja tilavuus on selvästi pienentynyt, kasaantunut kiintoaines on hienojakoista tai tasajakoista.

4=ojan luiskat ovat pysyneet muodossaan, vesi on kuluttanut ojan pohjalle kapean uran, jossa vesi virtaa. Virtaukselle altis osa uomasta hienojakoista tai maaton turvetta.

5= Uoman luiskat ovat paljaat. Roudan sulaminen keväällä irrottaa ojan luiskista uutta kiintoainesta. Luiskista ja ojan pohjasta irronnut kiintoaine tai turve ei ole kasaannu pysyvästi ojan pohjalle, vaan se kulkeutuu alajuoksulle, varsinkin tulva-aikoina keväällä ja syksyllä. Ojan koko (isompi) ja luiskan muoto poikkeavat selvästi kaivunjalkeisesta.